

T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**ORTOPEDİK CERRAHİ PLANLANAN GERİATRİK HASTALARDA
PREOPERATİF DİYAFRAGMA ULTRASONOGRAFİSİNİN
POSTOPERATİF KOMPLİKASYONLARA ETKİSİ**

Dr. Musab Belada

UZMANLIK TEZİ

KONYA-2025

T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

**ORTOPEDİK CERRAHİ PLANLANAN GERİATRİK HASTALARDA
PREOPERATİF DİYAFRAGMAULTRASONOGRAFİSİNİN
POSTOPERATİF KOMPLİKASYONLARA ETKİSİ**

Dr. Musab Belada

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof.Dr. Funda GÖK

KONYA-2025

TEŞEKKÜR

Bilimsel anlamda derinlikli bir çalışmaya katkı sunma fırsatını bana verdiği için; yalnızca bilgisiyle değil, vizyonu ve ilham veren liderliğiyle de yolumu aydınlatan çok kıymetli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Funda GÖK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim süresince mesleki gelişimime katkı sağlayan, bilgi ve deneyimlerinden her zaman faydalandığım Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nın değerli akademik kadrosuna; başta Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Ruhiye REİSLİ olmak üzere, Prof. Dr. Alper YOSUNKAYA, Prof. Dr. Sema TUNCER UZUN, Prof. Dr. Aybars TAVLAN, Prof. Dr. Atilla EROL, Prof. Dr. Ahmet TOPAL, Prof. Dr. Alper KILIÇASLAN, Doç. Dr. Gamze SARKILAR, Doç. Dr. Şule ARICAN, Doç. Dr. Gülçin BÜYÜKBEZİRCİ ve Doç. Dr. Resul YILMAZ'a sonsuz teşekkür ederim.

Asistanlık yıllarım boyunca birlikte emek verdiğimiz, zor zamanlarda birbirimize destek olduğumuz kıymetli asistan arkadaşlarıma; Reanimasyon Ünitesi, Poliklinik ve Ağrı Bilim Dalı ekibine; omuz omuza çalıştığım, eğitimime katkı sağlayan tüm anestezi teknisyen ve teknikerlerine ve özverili çalışmalarlarıyla süreci kolaylaştıran tüm ameliyathane personeline teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde arkamda dağ gibi duran, sevgileriyle bana güç veren, iyi bir insan olmamın temelini atan canım annem Nurcan BELADA'ya, babam Ömer Faruk BELADA'ya ve her daim yanımda olan kardeşlerim Burak ve Hatice'ye yürekten teşekkür ederim.

Ve en büyük teşekkür... Hayatımın her anında sevgisiyle içimi ısıtan, varlığıyla huzur ve güven veren, her zorlukta omuz omuza yürüdüğüm can yoldaşım, sevgili eşim Hatice Kübra'ya... Bu sürecin sessiz ama en kıymetli destekçisi, gözümün nuru evladım Zeynep Hale'ye... Sizlere olan sevgim ve minnettarlığım tarif edilemez.

İyi ki varsınız...

Haziran 2025

Musab Belada

ÖZET

ORTOPEDİK CERRAHİ PLANLANAN GERİATRİK HASTALARDA PREOPERATİF DİYAFRAGMA ULTRASONOGRAFİSİNİN POSTOPERATİF KOMPLİKASYONLARA ETKİSİ DR. MUSAB BELADA, UZMANLIK TEZİ, KONYA, 2025

Amaç: Geriatrik popülasyonda kemik fraktürleri, uzun süreli hastane yatışlarının ve sağlık hizmeti maliyetlerinin başlıca nedenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu hasta grubunda sıklıkla gözlenen postoperatif pulmoner komplikasyonlar (PPK), yalnızca iyileşme sürecini uzatmakla kalmamakta, aynı zamanda mortalite ve morbidite oranlarını da anlamlı ölçüde artırmaktadır. Pnömoni, atelektazi, uzamış mekanik ventilasyon ihtiyacı ve etkisiz sekresyon temizliği gibi komplikasyonlar, solunum kaslarının fonksiyonel yetersizliği ile yakından ilişkilidir. Özellikle operasyon sonrası artan solunum yüküne karşılık yeterli diyafragmatik performansın sağlanamaması, bu komplikasyonların ortaya çıkışını kolaylaştırmaktadır.

Diyafragma, solunumun primer kası olarak, etkin ve yeterli ventilasyonun sağlanmasında merkezi bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, cerrahi öncesi dönemde diyafragmatik fonksiyonun sonografik yöntemlerle değerlendirilmesi, solunum rezerv kapasitesi hakkında doğrudan bilgi sağlayabilir. Benzer şekilde, yaşlanmaya bağlı fizyolojik değişimlerin sonucu olarak gelişen sarkopeni ve kırılabilirlik (frailty) gibi klinik sendromlar, cerrahiye bağlı stres karşısında hastaların dayanıklılığını azaltmakta ve postoperatif olumsuz sonuçların habercisi olabilmektedir. Bu bağlamda, mevcut literatürde sıkça kullanılan standart pulmoner risk skorlamalarının, diyafram fonksiyonu ile kırılabilirlik ve sarkopeni göstergeleriyle birlikte değerlendirilmesi, risk belirlemede daha bütüncül ve etkili bir yaklaşım sunabilir.

Bu çalışmanın **birincil amacı**, ortopedik cerrahi planlanan geriatrik bireylerde düşük preoperatif diyafragma sonografik ölçümlerinin, postoperatif pulmoner komplikasyonların gelişimini öngörmedeki potansiyel değerini araştırmaktır. **İkincil amaç** ise, diyafragma ve akciğer sonografik parametrelerinin, kırılabilirlik ve sarkopeni göstergeleriyle birlikte değerlendirilmesinin, bu komplikasyonların öngörüsündeki katkısını ortaya koymaktır. Elde edilecek bulguların, preoperatif dönemde yüksek riskli hastaların daha etkin tanımlanmasını

sağlaması ve gerekirse inspiratuar kas eğitimi gibi hedefe yönelik önleyici stratejilerin planlanmasına olanak tanınması beklenmektedir.

Yöntem: Bu çalışma, ortopedi servisinde kemik kırığı nedeniyle hastaneye yatırılan geriatric hastalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen tüm bireylerden, prosedür öncesinde yazılı ve sözlü bilgilendirilmiş onam alınmıştır. Cerrahi öncesi dönemde, hastaların diyafram ve akciğer ultrasonografik değerlendirmeleri yapılmıştır. Değerlendirme sürecinde katılımcıların demografik verileri (cinsiyet, boy, kilo, mevcut tanıli hastalıkları, sigara kullanım öyküsü ve geçirilmiş operasyonları) kaydedilmiştir. Ayrıca, fiziksel zayıflık düzeyini belirlemek amacıyla FRAIL (kırılganlık) indeksi uygulanmış; el dinamometresi ile kavrama gücü ve periferik kas gücü ölçülmüştür.

Ultrasonografik görüntüleme, hastalar supin pozisyonda iken ve cerrahi öncesinde gerçekleştirilmiştir. Diyafram değerlendirmesi, sağ subkostal aralık üzerinden, uygun tekniklerle yapılmıştır. Akciğer ultrasonografisi ise her iki hemitoraksta anterior ve lateral bölgeleri kapsayacak şekilde toplam 6 bölgeden yapılmış; bu işlemde lineer ve konveks prob başlıkları birlikte kullanılmıştır. Görüntüleme sırasında diyafram kalınlığı ve yer değiştirmesi ölçülmüş, akciğer parankiminde ise ödem, plevral efüzyon ve infiltrasyon benzeri patolojik bulgular sistematik olarak kaydedilmiştir.

Postoperatif dönemde yoğun bakım gereksinimi gelişerek Reanimasyon Kliniği'ne alınan hastalar, yeniden diyafram ve akciğer ultrasonografisi ile değerlendirilmiştir. Bu ikinci değerlendirme ile solunum kas fonksiyonlarındaki değişimlerin ve akciğer patolojilerinin takibi amaçlanmıştır. Ek olarak, intraoperatif anestezi yöntemleri ve uygulama ayrıntıları ile postoperatif komplikasyon gelişimi, yoğun bakım ve hastane yatış süreleri, ayrıca 28 günlük morbidite ve mortalite verileri prospektif olarak kaydedilerek analiz edilmiştir.

Bulgular: Bu çalışma kapsamında, 104 ortopedik cerrahi aday geriatric hastanın preoperatif klinik özellikleri, diyafram ultrasonografi parametreleri, kırılabilirlik skorları ve el kavrama güçleri değerlendirildi. Çalışmaya alınan hastaların yaş ortalaması 74 ± 7 yıl, vücut kitle indeksi ortalaması $28,44 \pm 3,53$ kg/m² olarak saptandı. Hastaların %78,8'i ASA 3 risk grubunda yer almakta, en sık eşlik eden hastalık hipertansiyon (%72,1) ve diabetes mellitus (%34,6) idi.

Preoperatif diyafram ultrasonografisi ile ölçülen inspiryum sonu diyafram kalınlığı ortalaması $3,24 \pm 0,16$ cm, ekspiryum sonu kalınlığı $2,24 \pm 0,23$ cm, diyafram kalınlaşma

fraksiyonu $46,96 \pm 10,48$, diyafram yer değiştirmesi $4,99 \pm 1,02$ cm olarak tespit edildi. Postoperatif dönemde yapılan ölçümlerde bu dört parametrede istatistiksel olarak anlamlı düşüşler gözlemlendi (tüm $p < 0,001$).

Preoperatif kırılgnlık değerlendirmesinde, Klinik Kırılgnlık İndeksi ortalaması 4 ± 1 , FRAIL skoru ortalaması 0 ± 1 bulundu. El kavrama gücü ortalaması ise 10 ± 6 kg olarak kaydedildi. Klinik Kırılgnlık İndeksi ile FRAIL skoru arasında orta düzeyde pozitif korelasyon ($r=0,551$), el kavrama gücü ile kırılgnlık skorları arasında negatif korelasyon saptandı (FRAIL için $r=-0,517$, Klinik Kırılgnlık İndeksi için $r=-0,694$; $p < 0,001$).

Hastaların %19,2'si postoperatif dönemde yoğun bakıma alınırken, bu grupta atelettazi (%45), pnömoni (%20) ve plevral efüzyon (%25) en sık görülen pulmoner komplikasyonlar oldu. Postoperatif komplikasyon gelişen hastaların yaş ortalaması, intraoperatif kanama ve verilen sıvı miktarları, preoperatif sistolik kan basınçları ve kırılgnlık skorları istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksekti (tüm $p < 0,05$).

Yoğun bakıma yatış ve postoperatif pulmoner komplikasyon gelişimi açısından preoperatif diyafram parametrelerinin anlamlı farklılık gösterdiği saptandı. Yoğun bakıma alınan hastalarda diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirmesi ortanca değerleri belirgin olarak daha düşük bulundu (sırasıyla $p < 0,001$). Preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, yoğun bakım ihtiyacı ve komplikasyon gelişimiyle pozitif yönde ilişkiliydi ($p < 0,001$). İnspiryum sonu kalınlık değeri ise sınırda istatistiksel anlamlılığa ulaştı ($p=0,057$).

ROC analizinde preoperatif diyafram yer değiştirmesi, yoğun bakıma yatış öngörmeye yüksek ayırt edicilik gücü sergiledi ($AUC=0,926$; $p < 0,001$) ve %82 duyarlılık, %100 özgüllük değerleri ile dikkat çekti. Diyafram kalınlaşma fraksiyonu için AUC değeri 0,787 idi. Preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı da yüksek özgüllük (%89,3) ve anlamlı AUC değeri (0,824) göstermiştir.

Lojistik regresyon analizinde preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığındaki her 1 mm'lik artışın yoğun bakım ihtimalini 1,87 kat artırdığı ($OR=1,872$; $p=0,006$), diyafram yer değiştirmesindeki her 1 mm'lik artışın ise bu ihtimali %27 oranında azalttığı ($OR=0,729$; $p < 0,001$) bulundu. Benzer şekilde, postoperatif pulmoner komplikasyon gelişimi ile ekspiryum sonu kalınlık ve diyafram yer değiştirme parametreleri anlamlı ilişki gösterdi.

Son olarak, kırılgnlık skorlarının, diyafram fonksiyon parametreleri ve el kavrama g¼c¼ ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkili olduğu saptandı. Klinik Kırılgnlık İndeksi ve FRAIL skorları yükseldikçe, diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve yer değiştirme değerlerinde belirgin azalma eğilimi izlendi.

Sonuç: Bu çalışma, ileri yaş grubunda yer alan ortopedik cerrahi adaylarında preoperatif d¼nemde gerçekleştirilen diyafragmatik ultrasonografi ölç¼mlerinin, kırılgnlık skorlamalarının ve el kavrama g¼c¼ testlerinin postoperatif klinik seyir üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde değerlendirmiştir. Elde edilen bulgular, diyafram fonksiyon parametrelerinin özellikle diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve yer değiştirme ölç¼mlerinin postoperatif pulmoner komplikasyon gelişimini ve yoğun bakım ihtiyacını öngörmede anlamlı biyobelirteçler olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Çalışmada, düşük diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve azalmış diyafram yer değiştirme değerlerinin hem postoperatif pulmoner komplikasyon oranlarını hem de yoğun bakım yatış oranlarını anlamlı şekilde artırdığı saptanmıştır. Ayrıca Klinik Kırılgnlık İndeksi ve FRAIL skorları yüksek olan hastaların, daha düşük kas kuvvetine sahip oldukları ve bu durumun solunum rezervindeki kısıtlılıkla paralellik gösterdiği belirlenmiştir. El kavrama g¼c¼n¼n¼ düşük olması da artmış komplikasyon riski ile istatistiksel olarak anlamlı ilişki göstermiştir.

ROC ve lojistik regresyon analizleri, preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı ve diyafram yer değiştirmesi parametrelerinin özellikle yoğun bakım ihtiyacını öngörmede yüksek ayırt ediciliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, preoperatif diyafram ultrasonografisinin rutin değerlendirme protokollerine entegre edilmesinin klinik karar süreçlerini destekleyebileceğini düş¼nd¼rmektedir.

Sonuç olarak, multidisipliner yaklaşımla y¼r¼t¼len preoperatif fonksiyonel ve fiziksel kapasite değerlendirmeleri, ileri yaş ve kırılgnlık riski taşıyan hasta gruplarında erken d¼nemde risk sınıflaması yapılmasına, bireyselleştirilmiş perioperatif stratejilerin uygulanmasına ve postoperatif morbiditenin azaltılmasına katkı sağlayabilecek değerli araçlar sunmaktadır. Bu bulgular doğrultusunda, diyafram fonksiyon ölç¼mlerinin, kırılgnlık skorlarının ve el kavrama g¼c¼n¼n¼ birlikte değerlendirilmesi, cerrahiye aday geriatrik hastaların yönetiminde b¼t¼nc¼l bir yaklaşımın temel bileşeni olarak önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Geriatrik hasta, Ortopedik cerrahi, Diyafragma ultrasonografisi, Postoperatif pulmoner komplikasyon, Sarkopeni, Kırılgnlık indeksi, El kavrama gücü

ABSTRACT

THE IMPACT OF PREOPERATIVE DIAPHRAGM ULTRASONOGRAPHY ON POSTOPERATIVE COMPLICATIONS IN GERIATRIC PATIENTS UNDERGOING ORTHOPEDIC SURGERY

DR. MUSAB BELADA, MEDICAL SPECIALTY THESIS, KONYA, 2025

Objective: Bone fractures are one of the leading causes of prolonged hospitalization and increased healthcare costs in the geriatric population. Postoperative pulmonary complications (PPC), frequently observed in this group, not only prolong recovery time but also significantly increase morbidity and mortality. Complications such as pneumonia, atelectasis, prolonged mechanical ventilation, and ineffective airway clearance are often associated with reduced respiratory muscle function. In particular, inadequate diaphragmatic performance in response to increased postoperative respiratory demand facilitates the development of such complications.

As the primary muscle of respiration, the diaphragm plays a central role in ensuring effective ventilation. Therefore, preoperative sonographic assessment of diaphragmatic function may offer direct insight into respiratory reserve capacity. Similarly, clinical syndromes such as sarcopenia and frailty, which are common with aging, reduce patients' physiological resilience and may predict adverse postoperative outcomes. In this context, integrating standard pulmonary risk scores with assessments of diaphragmatic function, frailty, and sarcopenia may provide a more comprehensive and effective approach to risk stratification.

The primary aim of this study is to evaluate whether low preoperative sonographic diaphragm measurements can predict the development of PPC in geriatric patients undergoing orthopedic surgery. The secondary aim is to assess the combined predictive value of diaphragm and lung sonographic parameters with indicators of frailty and sarcopenia. The findings are expected to facilitate early identification of high-risk patients and support the implementation of preventive strategies such as inspiratory muscle training.

Methods: This prospective study included geriatric patients hospitalized with bone fractures in the orthopedic ward. Informed written and verbal consent was obtained from all participants. Preoperatively, diaphragm and lung ultrasonographic evaluations were performed. Demographic characteristics (gender, height, weight, comorbidities, smoking history, surgical history) were recorded. Frailty Index was used to assess physical

vulnerability, while hand grip strength and peripheral muscle strength were measured using a dynamometer.

Ultrasonographic evaluations were performed in the supine position before surgery. Diaphragmatic assessments were conducted through the right subcostal area. Lung ultrasound covered eight zones, including anterior and lateral areas of both hemithoraces, using both linear and convex probes. Diaphragm thickness and excursion were measured, and pathological findings such as edema, pleural effusion, and infiltrations were recorded.

Postoperative reassessments were performed in patients transferred to the intensive care unit. The aim was to monitor changes in diaphragmatic function and pulmonary pathology. Intraoperative anesthesia details, PPC incidence, intensive care and hospital length of stay, and 28-day morbidity and mortality data were also prospectively recorded and analyzed.

Results: In this study, preoperative clinical characteristics, diaphragmatic ultrasonography parameters, frailty scores, and handgrip strength measurements were evaluated in 104 geriatric patients scheduled for orthopedic surgery. The mean age of the patients was 74 ± 7 years, and the mean body mass index was 28.44 ± 3.53 kg/m². Among the participants, 78.8% were classified as ASA III, with hypertension (72.1%) and diabetes mellitus (34.6%) being the most common comorbidities.

Preoperative diaphragmatic ultrasonographic assessment revealed a mean end-inspiratory diaphragm thickness of 3.24 ± 0.16 cm, an end-expiratory thickness of 2.24 ± 0.23 cm, a diaphragm thickening fraction of $46.96 \pm 10.48\%$, and a diaphragmatic excursion of 4.99 ± 1.02 cm. In the postoperative period, all four parameters demonstrated statistically significant reductions (all $p < 0.001$).

Regarding frailty assessment, the mean Clinical Frailty Scale (CFS) score was 4 ± 1 , and the mean FRAIL score was 0 ± 1 . The mean handgrip strength was measured as 10 ± 6 kg. A moderate positive correlation was identified between the Clinical Frailty Scale and the FRAIL score ($r=0.551$), while significant negative correlations were observed between handgrip strength and frailty scores ($r=-0.517$ for FRAIL, $r=-0.694$ for CFS; $p < 0.001$).

Postoperatively, 19.2% of patients required admission to the intensive care unit (ICU), with atelectasis (45%), pneumonia (20%), and pleural effusion (25%) being the most frequent pulmonary complications. Patients who developed postoperative complications

were significantly older and exhibited higher intraoperative bleeding volumes, greater fluid administration, lower preoperative systolic blood pressure, and higher frailty scores (all $p < 0.05$).

When preoperative diaphragm parameters were compared between patients requiring ICU care and those who did not, significant differences were found in the diaphragm thickening fraction and diaphragmatic excursion (both $p < 0.001$). End-expiratory diaphragm thickness showed a positive association with both ICU admission and the development of complications ($p < 0.001$), while end-inspiratory thickness reached borderline statistical significance ($p = 0.057$).

Receiver Operating Characteristic (ROC) analysis revealed that preoperative diaphragmatic excursion had the highest discriminatory power for predicting ICU admission (AUC=0.926; $p < 0.001$), with a sensitivity of 82% and a specificity of 100%. The diaphragm thickening fraction also demonstrated good predictive accuracy (AUC=0.787), and end-expiratory thickness was associated with a high specificity of 89.3% (AUC=0.824).

In logistic regression analysis, each 1-mm increase in end-expiratory diaphragm thickness was associated with an approximately 1.87-fold higher likelihood of ICU admission (OR=1.872; $p = 0.006$), whereas each 1-mm increase in diaphragmatic excursion was associated with a 27% reduction in this likelihood (OR=0.729; $p < 0.001$). Similarly, both parameters were significantly associated with the occurrence of postoperative pulmonary complications.

Finally, frailty scores showed strong and significant relationships with diaphragm function parameters and handgrip strength. As frailty scores increased, both diaphragm thickening fraction and diaphragmatic excursion showed a marked decline.

Conclusion: This study demonstrated that preoperative diaphragmatic ultrasonography, frailty assessments, and handgrip strength measurements hold significant predictive value for postoperative clinical outcomes in elderly patients undergoing orthopedic surgery. Notably, reduced diaphragm thickening fraction and diminished diaphragmatic excursion were strongly associated with an increased risk of postoperative pulmonary complications and ICU admission. Elevated Clinical Frailty Scale and FRAIL scores, along with decreased handgrip strength, were also significantly linked to adverse outcomes.

ROC and logistic regression analyses confirmed that preoperative end-expiratory diaphragm thickness and diaphragmatic excursion exhibited high discriminatory capacity in predicting the need for postoperative intensive care. These findings support the integration of routine diaphragmatic ultrasonographic assessment into preoperative evaluation protocols to enhance risk stratification and guide perioperative management decisions.

In summary, a multidisciplinary approach that combines functional and physical capacity assessments in the preoperative period offers valuable tools for identifying high-risk patients and planning individualized perioperative strategies. The concurrent evaluation of diaphragm function measurements, frailty scores, and muscle strength is recommended as an integral component of comprehensive preoperative assessment in geriatric surgical candidates.

Keywords: Geriatric patient, orthopedic surgery, diaphragm ultrasonography, postoperative pulmonary complication, sarcopenia, frailty index, grip strength

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	x
İÇİNDEKİLER	xiv
TABLolar	xvi
ŞEKİLLER	xvi
KISATMALAR	xix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Geriatrik Bireylerde Anestezi Uygulamaları: Fizyolojik, Farmakolojik ve Klinik Yaklaşımlar	4
2.1.1 Geriatrik Hastada Genel Bilgiler	4
2.1.2 Preoperatif Değerlendirme	5
2.1.3 Yaşa Bağlı Anatomik ve Fizyolojik Değişiklikler	6
2.1.4 Yaşa Bağlı Farmakolojik Değişiklikler	8
2.1.5 Geriatrik Ortopedik Cerrahilerde Preoperatif Değerlendirmenin Önemi.....	9
2.1.6 Geriatrik Hastalarda Cerrahi Süreç ve Komplikasyon Riski.....	10
2.1.7 Postoperatif Komplikasyonların Öngörülmesinde Diyafragma Fonksiyonunun Rolü.....	11
2.1.8 Diyafragma Ultrasonografisi ve Cerrahiye Hazırlık	11
2.2 Akciğer ve Diyafram Görüntüleme Yöntemleri.....	14
2.2.1 Akciğer Grafisi (APAG).....	14
2.2.2 Bilgisayarlı Tomografi (BT).....	14
2.2.3 Ultrasonografi (USG).....	15
2.3 Ultrasonografiye Giriş, Temel Bilgiler ve Kavramlar	15
2.3.1 Ultrasesin Elde Edilmesi ve Görüntü Oluşumu	17
2.3.2 Ultrasonda Ekojenite	17
2.3.3 Ultrasonda Transdüserler.....	18
2.3.4 Ultrasonda Görüntü Ekranı ve Klavyenin Kullanımı.....	21
2.3.5 Ultrasonografi ile Akciğer Değerlendirmesinde Temel İlkeler	22
2.3.6 Giriş ve Ultrasonografi Yönteminin Klinik Rolü	24
2.3.7 Ultrasonografi Uygulama Teknikleri	26
2.3.8 Torasik Anatomik Yapıların Ultrasonografik Yansıması.....	28

2.3.9 Görüntüleme Alanları ve Tarama Protokolleri	30
2.3.10 Normal Akciğerin Ultrasonografik Bulguları	34
2.3.11 Patolojik Akciğer Bulgularının Sonografik Sınıflandırması	37
2.3.12 Klinik Uygulamada BLUE Protokolü	45
3.MATERYAL METOT	48
3.1 Etik Kurul Onayı ve Yazılı Onam Alınması	48
3.2 Hasta Seçimi ve Dahil Edilme Kriterleri.....	48
3.3 Dışlama Kriterleri	48
3.4 Yöntem	48
3.4.1 Çalışma Tasarımı ve Etik Onay	48
3.4.2 Katılımcıların Seçimi ve Klinik Özellikler.....	48
3.4.3 Ultrasonografik Değerlendirme Yöntemi.....	49
3.4.4 İstatistiksel Analiz.....	50
4.BULGULAR	52
5.TARTIŞMA.....	75
6.SONUÇ	88
7.KAYNAKLAR	90

TABLULAR

Tablo 4. 1 Hastaların Cerrahi Öncesi Demografik, Preoperatif Verileri ve Ek Hastalıkları	53
Tablo 4. 2 <i>FRAIL</i> , Klinik Kırılganlık İndeksi, Intraoperatif Veriler ve YBÜ Skorlamaları	54
Tablo 4. 3 Preoperatif diyafram ultrasonografisi değerleri	55
Tablo 4. 4 Hastaların ASA Skorlamaları	55
Tablo 4. 5 Hastaların Ek Hastalık Dağılımı	55
Tablo 4. 6 Postoperatif Yoğun Bakıma Yatırılan Hastalarda Preoperatif ve Postoperatif Diyafram Parametrelerinin Karşılaştırılması.....	56
Tablo 4. 7 Preoperatif Diyafram Ölçümleri	57
Tablo 4. 8 Hastaların Klinik Kırılganlık (Frajility) İndeksi dağılımı	57
Tablo 4. 9 Klinik Kırılganlık İndeksi ve Postoperatif Pulmoner Komplikasyon İlişkisi.....	58
Tablo 4. 10 Hastaların <i>FRAIL</i> anketi dağılımı.....	59
Tablo 4. 11 Hastaların El Kavrama Gücü Dağılımı.....	59
Tablo 4. 12 El Kavrama Gücü ve Postoperatif Komplikasyon İlişkisi.....	60
Tablo 4. 13 Preoperatif Akciğer Ultrasonu Patolojileri ve Postoperatif Komplikasyon İlişkisi	61
Tablo 4. 14 Preoperatif akciğer patolojisi varlığı ile postoperatif komplikasyon gelişimi arasındaki ilişki.....	62
Tablo 4. 15 Preoperatif akciğer patolojisi olan ve olmayan hastalar arasında postoperatif yoğun bakım ünitesi (YBÜ) yatışı arasındaki ilişki	62
Tablo 4. 16 <i>FRAIL</i> , Klinik Kırılganlık İndeksi, El kavrama Gücü, DTF ve Diyafram Yer Değiştirmesi'nin Birbiri ile İlişkisi.....	63
Tablo 4. 17 Yoğun Bakım Gereksinimi ile İlişkili Klinik Değişkenlerin İstatistiksel Karşılaştırması	64
Tablo 4. 18 Postoperatif Komplikasyon Gelişen ve Gelişmeyen Hastaların Klinik Değişkenlerin Karşılaştırması	65
Tablo 4. 19 Preoperatif Diyafram Parametrelerinin Yoğun Bakıma Yatış Durumuna Göre Karşılaştırılması.....	66
Tablo 4. 20 Yoğun Bakım Gereksinimi ile Diyafram Fonksiyon Parametreleri Arasındaki Karşılaştırma.....	67
Tablo 4. 21 Preoperatif Diyafram Parametrelerinin Postoperatif Pulmoner Komplikasyon Gelişme Durumuna Göre Karşılaştırılması	68
Tablo 4. 22 Postoperatif Pulmoner Komplikasyonlar ve Diyafram Değerleri İlişkisi	68

Tablo 4. 23 Preoperatif İnspiryum ve Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığının Postoperatif Yoğun Bakım Yatışı Üzerine Olan Etkisinin ROC Analizi	70
Tablo 4. 24 Yoğun Bakıma Yatışı Öngören Değişkenlerin Lojistik Regresyon Analizi Sonuçları.....	72
Tablo 4. 25 Yandaş Hastalıkların Hastaların Yoğun Bakıma Yatışı Üzerine Etkisi	73

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1 Ekojenite	18
Şekil 2. 2 Problar	20
Şekil 2. 3 Parlaklık (Gain) Ayarı Görüntüleme Farklılıkları.....	21
Şekil 2. 4 Akciğer Değerlendirme Bölgeleri	31
Şekil 2. 5 Akciğer USG Görüntüleme Bölgeleri	33
Şekil 2. 6 Yarasa İşareti (Bat Sign).....	36
Şekil 2. 7 Akciğer Ultrasonu Pnömoni Görüntüsü	39
Şekil 2. 8 Plevral Efüzyon.....	43
Şekil 2. 9 Denizanası(Jellyfish) İşareti	45

KISATMALAR

PPK: Postoperatif pulmoner komplikasyonlar

APAG: Antero-posterior akciğer grafisi

YBÜ: Yoğun bakım ünitesi

CXR: Göğüs grafisi

BT: Bilgisayarlı tomografi

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme

USG: Ultrasonografi

PTE: Pulmoner tromboembolizm

AGS: Amerikan geriatri derneği

ACS-NSQIP: Amerikan Cerrahlar Koleji

CAM: Konfüzyon Değerlendirme Yöntemi (Confusion Assessment Method)

METS: Metabolik Eşdeğer Seviyesi (Metabolic Equivalent of Task)

FRC: Fonksiyonel rezidüel kapasite

GFR: Glomerüler filtrasyon hızı

MAC: Minimum alveolar konsantrasyonu

ACE: Anjiyotensin dönüştürücü enzim

PZT: Kurşun zirkonat titanat

B-mode: Brightness mod

M-mode: Motion mode

TGC: Time Gain Compensation

BLUE: Bedside Lung Ultrasound in Emergency

FALLS: Fluid Administration Limited by Lung Sonography

SESAME: Sequential Echographic Scanning Assessing Mechanism or Origin of Severe Shock of Indistinct Cause

ICC-LUS: Uluslararası Akciğer Ultrasonu Konsensüs Konferansı

LUS: Lung Ultrasound

ARDS: Akut solunum güçlüğü sendromu

VKI: Vücut kitle indeksi

CFS: Clinic fragility index

CCI: Charlson Komorbidite İndeksi

CPS: Komorbidite-poli-farmasi skoru

ACE-27: Adult Comorbidity Evaluation-27

ASA: American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification System

RA: Rejyonel anestezi

GA: Genel anestezi

DTF: Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu (Diaphragma Thickening Fraction)

NIMV: Noninvaziv Mekanik Ventilasyon

CPAP: Sürekli Pozitif Hava Yolu Basıncı

VIDD: Ventilatör İlişkili Diyafragma Disfonksiyonu

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Cerrahi girişimlerin ardından gelişen postoperatif pulmoner komplikasyonlar (PPK), hem bireysel hasta sağlığını tehdit eden hem de sağlık sistemleri üzerinde ciddi maliyet yükü oluşturan önemli klinik sorunlardandır. Başta atelektazi, pnömotoraks, pulmoner ödem, akciğer infiltrasyonları ve sekonder pnömoni olmak üzere; plevral efüzyonlar, pulmoner emboli gibi tromboembolik olaylar postoperatif dönemde en sık karşılaşılan komplikasyonlar arasında yer alır. Bu durumlar, hastaların klinik seyrini olumsuz etkileyerek yoğun bakım ve servis yatış sürelerinin uzamasına, morbidite ve mortalite oranlarının artmasına neden olmaktadır.(1)(2) Ayrıca bu komplikasyonlar; hasta güvenliği, iyileşme süreci ve yaşam kalitesi üzerinde doğrudan belirleyici olurken, aynı zamanda sağlık hizmetlerinin maliyet etkinliğini de azaltmakta ve ulusal sağlık kaynaklarının verimli kullanımını zorlaştırmaktadır.

Postoperatif pulmoner komplikasyonların (PPK) gelişimi; cerrahinin türü, kullanılan anestezi tekniği, hastanın fizyolojik rezervleri ve eşlik eden sistemik hastalıklarla yakından ilişkilidir. Özellikle kardiyak ve torasik cerrahiler gibi yüksek riskli operasyonların yanı sıra, ortopedik cerrahiler gibi daha periferik girişimlerde dahi PPK insidansının kayda değer düzeyde olduğu bildirilmektedir. Literatürde bu oran %2 ile %19 arasında değişmekte olup, komplikasyonların yalnızca büyük cerrahilere özgü olmadığını göstermektedir.(1) Bu nedenle, postoperatif dönemde gelişebilecek pulmoner komplikasyonların erken tanınması ve uygun tedavi yaklaşımlarıyla zamanında yönetilmesi, hasta güvenliğini artırmak ve klinik başarıyı sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Respiratuar sistemi değerlendirirken en çok başvurulan tanı araçları fizik muayene, yatak başı anteroposterior akciğer grafisi (APAG), çeşitli laboratuvar testleri ve arteriyel kan gazıdır. Postoperatif dönemde hastanın klinik seyri hakkında ilk ipuçlarını veren temel değerlendirme yöntemi ise fizik muayene ve oskültasyondur (3,4). APAG, yoğun bakım ünitesi(YBÜ) yatışı olan hastalarda PPK'leri tespit etmek için sıklıkla kullanılan tanısal görüntüleme yöntemi olmaya devam etmektedir.(3,5)

APAG kullanım ve değerlendirmesinin bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Bunların bazıları iyonize radyasyona maruz bırakma, akciğerin tamamının yeterince görüntülenememesi, bazı hastalarda (gebe veya hareket kısıtlılığı olanlar gibi) uygulanamaması ve her pozisyonun (antero-posterior veya lateral) yatak başında çekilememesi yer alır (6). Bu tarz kısıtlamalar, özellikle postoperatif dönemde yoğun bakım

ünitesindeki (YBÜ) hastalarda, pulmoner komplikasyonların hatalı tanı almasına ve buna bağlı olarak da hatalı tedavi başlanmasına sebep olabilir. Bu sebeple, PPK'lere tanı koymakta ve tedaviye başlama sürecinde yatak başında çekilen APAG'ın etkinliği genelde kısıtlı olarak kabul edilir. Yapılan bazı çalışmalarda bu tür görüntülemelerin üçte birinden fazlasının yetersiz olduğu ve bilgisayarlı tomografi (BT) ile karşılaştırıldığında korelasyonunun düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yoğun bakım servisinde yatışı ve takibi yapılan hastalarda postoperatif pulmoner komplikasyonların (PPK) teşhisinde Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ve Bilgisayarlı Tomografi (BT) gibi görüntüleme teknikleri altın standart kabul edilirler. Ancak bu yöntemlerin uygulanmasında bazı sorunlar mevcuttur ve bu sorunlar klinik ve pratik uygulamalarda bu yöntemlerin tercih edilmesinde sıklıkla sorun oluşturmaktadır. Hem BT hem MRG görüntülemesinde en büyük problemlerden biri, hastaların yoğun bakım ünitesinden çekim yapılacak olan bölüme taşınmasının zor olması ve hastaların bu transportu tolere edemeyecek düzeyde olmasıdır. Ayrıca BT çekiminde maruz kalınan yüksek iyonize radyasyon düzeyi ve her ikisinde de bulunan maliyet yüksekliği gibi faktörler, bu yöntemlerin diğer önemli dezavantajlarıdır.

Konvensiyonel yöntemlerin teşhise katkılarının nispeten sınırlı olması, altın standart yöntemlerin ise uygulanabilirliğinin az olması nedeniyle yoğun bakımda çalışan doktorlar görüntüleme yöntemi seçerken bazen kararsız kalabilmekte ve hatalı tercihlerde bulunabilmektedir. Tanısal görüntüleme yöntemleri günümüzde ileri teknoloji ve bilgi sistemlerinin gelişmesiyle birlikte de hızla ilerlemekte ve gelişmekte, doktorların tanı ve tedavi planlamasında ellerini kolaylaştırmaktadır.(7)

Akciğerlerin ultrasonografi (USG) ile görüntülenmesinin zor olduğu yönünde genel bir kanı bulunsa da yapılan araştırmalar, bu yöntemin özellikle nefes darlığının ayırıcı tanısında, ultrason konusunda eğitimli kişiler tarafından uygulandığında akciğer grafisi kadar etkili olabileceğini ortaya koymuştur.(8)

Yatak başı yapılan akciğer ultrasonografisi geleneksel tanı yöntemlerinin pratikliği ile altın standart teknikler olan BT ve MRG'nin bazı avantajlarını bir araya getiren bir görüntüleme seçeneğidir. Noninvaziv olması, güvenilirlik düzeyinin yüksekliği, tekrar edilebilirliği ve düşük maliyetlerle yapılabilmesi ile öne çıkan ultrasonografi, gerçek zamanlı dinamik görüntü sağlayabilmesi sayesinde tanı koymada ve tedavi planlamada önemli katkılar sunar. Ayrıca hastanın transferine gerek duyulmaması ve radyasyon

içermemesi başta yoğun bakım koşullarındaki hastalar olmak üzere büyük bir avantaj sağlamaktadır. Yoğun bakımda kısa sürede doğru tanı koymak, tedavi sürecini izlemek ve gerektiğinde tedavi stratejisini değiştirmek açısından önemli bir alternatif olan bu yöntem, klinik verilerle birlikte değerlendirilip yorumlanabilen ve hekimler tarafından pratik şekilde uygulanabilen bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Akciğer USG'sinin pratik olarak kullanımını öncü isimlerinden olan Prof. Dr. Daniel Lichtenstein, çalışmalarına 1990'lı yıllardan itibaren başlamış ve yıllar içerisinde BLUE, Pink, FALLS, SESAME gibi birçok farklı akciğer ultrasonografisi değerlendirme protokolü literatüre girmiştir. Son yıllarda gelişen teknoloji ve tekniklerle USG sayesinde plevral ve perikardiyal efüzyon, pnömotoraks, pulmoner tromboembolizm (PTE), pnömoni, lineer ve total atelektazi gibi patolojik tabloların teşhisinde başarılı bir hasta başı tanı aracı olarak pratik kullanıma yerleşmiştir.(9)

Son zamanlarda gelişen tekniklerle akciğer ultrasonografisi, yoğun bakım ünitesinde görülen postoperatif pulmoner komplikasyonların ayırıcı tanısında geleneksel tanı yöntemlerine kıyasla daha yüksek doğruluk oranlarıyla dikkat çekmektedir.(7)

Bu çalışmadaki birincil amacımız, ortopedik cerrahi planlanan geriatric hastalarda preoperatif dönemde yapılan diyafragma ve akciğer sonografik ölçümlerinin, postoperatif pulmoner komplikasyonların öngörülmesindeki rolünü değerlendirmektir. Özellikle diyafragma kalınlığı ve hareketliliği gibi ultrasonografik parametrelerin, bu komplikasyonların gelişimi ile ilişkili olup olmadığını belirlemek hedeflenmektedir. İkincil amaç ise; diyafragma ve akciğere ait ultrasonografik bulguların, hastanın kırılabilirlik düzeyi ve sarkopeni göstergeleriyle birlikte değerlendirilmesi sonucunda postoperatif pulmoner komplikasyonlar üzerindeki birleşik etkisinin ortaya konulmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Geriatrik Bireylerde Anestezi Uygulamaları: Fizyolojik, Farmakolojik ve Klinik Yaklaşımlar

2.1.1 Geriatrik Hastada Genel Bilgiler

Geriatric popülasyon, dünya genelinde artan yaşam süresiyle birlikte cerrahi ve anestezi uygulamalarında giderek daha fazla yer edinmektedir. Yaşlı bireylerin çoğu, yalnızca akut cerrahi sorunlarla değil, aynı zamanda çoklu kronik hastalıklarla da sağlık sistemine başvurmaktadır (10). Her ne kadar kronolojik yaş tek başına cerrahi için kontrendikasyon teşkil etmese de yaşla birlikte artan fizyolojik rezerv kaybı, eşlik eden hastalık yükü ve farmakodinamik değişiklikler nedeniyle perioperatif süreçte komplikasyon riski belirgin şekilde artmaktadır(11,12).

Yaşlı bireylerin anestezi yönetimi; pediatrik hastalarda olduğu gibi, yaşa özgü fizyolojik ve farmakolojik farklılıkların dikkatle değerlendirilmesini gerektirir. Normal yaşlanma sürecine bağlı olarak ortaya çıkan değişiklikler; kardiyovasküler sistemden solunuma, renal fonksiyonlardan sinir sistemine kadar birçok organ sistemini etkilemekte, bu da anesteziye yanıtı hem öngörülemez hem de kırılabilir hale getirmektedir (13).

Ayrıca, yaşlı hastalarda genetik polimorfizmler ve yaşam tarzına bağlı faktörler, cerrahiye ve anesteziye karşı inflamatuvar yanıtı da etkileyebilir. Bu nedenle, sadece kronolojik yaşa değil, biyolojik yaş ve fonksiyonel kapasiteye odaklanmak, riskleri öngörmeye ve uygun anestezi stratejisi belirlemede daha anlamlı sonuçlar vermektedir (14). Özellikle kırılabilirlik durumu, son yıllarda bu değerlendirmede anahtar kavramlardan biri olarak ön plana çıkmış ve birçok çalışmada postoperatif morbidite ile güçlü şekilde ilişkilendirilmiştir (15).

Geriatric hastaların sık karşılaşılan durumlardan biri olan polifarmasi; ilaç-ilaç ve ilaç-hastalık etkileşimleri açısından ek bir dikkat gerektirir(16). Bu nedenle preoperatif süreçte ilaç listelerinin ayrıntılı olarak gözden geçirilmesi ve potansiyel farmakolojik problemlere karşı dikkatli olunması önerilir. Aynı zamanda, multidisipliner iş birliği; özellikle cerrah, anestezi uzmanı ve gerekirse geriatricistlerin koordine çalışması, tedavi sürecinin başarısını artırmaktadır (17).

2.1.2 Preoperatif Değerlendirme

Geriatrik hastalarda cerrahi girişim öncesi yapılan değerlendirme, sadece anestezi açısından değil, tüm perioperatif sürecin başarısı ve komplikasyonların önlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Yaşla birlikte artan komorbiditeler, azalan fizyolojik rezervler ve bilişsel işlevlerdeki değişiklikler, bu popülasyonda detaylı ve multidisipliner bir yaklaşımı zorunlu kılar (11,18).

Amerikan Geriatri Derneği (AGS) ve Amerikan Cerrahlar Koleji'nin (ACS-NSQIP) ortak rehberlerinde, yaşlı hastalarda cerrahiye hazırlık süreci için sistematik ve bütüncül bir değerlendirme şeması önerilmiştir. Bu yaklaşım, hem hastanın mevcut durumunun nesnel bir şekilde analiz edilmesini hem de bireyselleştirilmiş cerrahi planlamayı mümkün kılar (11). Söz konusu değerlendirme kapsamında; hastanın kognitif kapasitesinin belirlenmesi, deliryum riskinin taranması, depresyon ve madde bağımlılığı açısından değerlendirilmesi, kırılabilirlik skoru, fonksiyonel durum, düşme öyküsü ve beslenme durumu gibi birçok değişkenin sistematik olarak ele alınması önerilmektedir (19,20).

Preoperatif dönemde Mini-Cog, Clock Drawing Test veya benzeri kısa tarama araçlarıyla bilişsel durumun değerlendirilmesi, postoperatif nörokognitif komplikasyonların öngörülmesi açısından önemlidir (21). Ayrıca deliryum için modifiye edilmiş CAM (Konfüzyon Değerlendirme Yöntemi) gibi yapılandırılmış ölçekler de klinik karar destek süreçlerine entegre edilmelidir(22). Kırılabilirlik değerlendirmesi için ise Fried kriterleri veya Edmonton Frailty Scale gibi skorlamalar tercih edilebilir (12). Bu skorlamalar, özellikle postoperatif komplikasyon riski yüksek olan hastaların belirlenmesinde önemli bir belirleyici olarak kabul edilmektedir.

İlaç kullanımı, geriatrik hastalarda dikkatle incelenmesi gereken bir diğer başlıktır. Polifarmasiye bağlı olarak farmakokinetik ve farmakodinamik değişkenlik artmakta, bu da ilaç etkileşimleri ve advers etkiler açısından riski yükseltmektedir (16). Bu nedenle hastanın güncel ilaç listesi titizlikle gözden geçirilmeli, özellikle antikoagülanlar, antiplatelet ajanlar, ACE inhibitörleri, beta-blokerler ve SGLT-2 inhibitörleri gibi perioperatif yönetimi özel protokoller gerektiren ilaçların varlığı mutlaka dikkate alınmalıdır(10,23). Örneğin, SGLT-2 inhibitörleri ameliyat öncesi 3 ila 4 gün önceden kesilmelidir çünkü öglisemik diyabetik ketoasidoz riski taşırlar (10).

Ayrıca, fonksiyonel kapasite değerlendirmesi (özellikle 4 METS altında olması, kardiyopulmoner komplikasyon riskini artırdığından dolayı) temel kardiyak testlerin

(örneğin EKG, ekokardiyografi) yapılması sıklıkla önerilmektedir(24). Cerrahiye bağlı pulmoner komplikasyon riskinin değerlendirilmesi ve önleyici stratejilerin uygulanması da bu dönemde planlanmalıdır (25).

Sonuç olarak, preoperatif değerlendirme, sadece cerrahiye uygunluğu belirlemenin ötesinde, potansiyel risklerin öngörülmesi, hasta ve ailesiyle gerçekçi beklentilerin paylaşılması ve multidisipliner yaklaşımın yapılandırılması açısından vazgeçilmezdir. Böylece hastaya özgü bir perioperatif yönetim planı oluşturularak komplikasyonlar en aza indirilebilir (17)

2.1.3 Yaşa Bağlı Anatomik ve Fizyolojik Değişiklikler

Geriatric hastaların anestezi yönetiminde başarılı bir yaklaşım, yaşlanmayla birlikte gelişen anatomik ve fizyolojik değişikliklerin ayrıntılı olarak anlaşılmasını gerektirir. Yaş, biyolojik sistemlerde lineer olmayan bir gerilemeye yol açar; bu durum organ rezervlerinde azalma, homeostatik yanıtların zayıflaması ve çevresel stresörlere karşı uyum kapasitesinin bozulması şeklinde kendini gösterir (13).

Kardiyovasküler Sistem

Normal yaşlanmanın kardiyovasküler sistem üzerindeki etkileri, hastalıkla ilişkili değişikliklerden ayrıştırılmalıdır. Örneğin, aort elastikiyetinde azalma ve vasküler duvarlarda fibrozis normal yaşlanma sürecine aitken; ateroskleroz patolojik bir sürecin ürünüdür (13). Yaşla birlikte arteriyel kompliyans azalır, miyokardiyal fibrozis ve kapaklarda kalsifikasyon sıklığı artar. Özellikle aort darlığı yaşlı hastalarda sistolik üfürümün en sık nedenlerinden biridir (12). Artmış vagal tonus ve adrenerjik reseptör duyarlılığının azalması, maksimum kalp hızında azalmaya neden olur; bu da hipovolemi, hipotansiyon veya hipoksi durumlarında kompensatuar yanıtları sınırlar (24).

Yaşlı bireylerde diastolik disfonksiyon oldukça yaygındır ve sistolik fonksiyonun korunmasına rağmen konjestif semptomlara yol açabilir. Diastolik dolum basınçları artar, sol atriyal genişleme atriyal fibrilasyon riskini artırır (10). Cerrahiye hazırlık sürecinde diastolik disfonksiyonun ekokardiyografi ile değerlendirilmesi, özellikle sıvı yönetimi ve hemodinamik stabilite açısından büyük önem taşır (Guay et al., 2016).

Respiratuar Sistem

Solunum sistemi yaşlanma sürecinde önemli yapısal ve fonksiyonel değişikliklere uğrar. Akciğer elastikiyetindeki azalma, alveollerin aşırı genişlemesine ve küçük

havayollarının kollapsına neden olur (13). Bu durum, fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRC) ve rezidüel volümün artmasıyla sonuçlanır. Yaşın ilerlemesiyle birlikte kapanma artması, özellikle sırtüstü pozisyonda fonksiyonel rezidüel kapasiteyi (FRC) aşarak tidal solunum sırasında bazı alveollerin kapanmasına neden olur. Bu durum, ventilasyon-perfüzyon (V/Q) uyumsuzluklarını beraberinde getirir.(11). Bu nedenle yaşlı hastalarda pre-oksijenasyon süresi uzatılmalı, PEEP uygulanmalı ve postoperatif dönemde pulmoner fizyoterapiye önem verilmelidir.

Renal Sistem

Böbrek kan akımı, glomerül sayısı ve tübül uzunluğu yaşla birlikte azalır. Bu da glomerüler filtrasyon hızında (GFR) ve kreatinin klirensinde düşüğe neden olur (16). Ancak serum kreatinin düzeyi, azalan kas kütlesi nedeniyle normal sınırlarda kalabilir; bu da renal rezervin aşırı iyimser değerlendirilmesine yol açabilir. Yaşlı hastalar antidiüretik hormon ve aldosterona yanıtlarının azalması nedeniyle hem dehidrasyona hem de sıvı yüklenmesine yatkındır. Ayrıca elektrolit dengesi, özellikle hiperkalemi ve hipokalemi açısından daha kırılgandır (12).

Hepatik ve Gastrointestinal Sistem

Karaciğer kütlesi ve hepatic kan akımı yaşla birlikte azalır. Bunun sonucunda ilaçların biyotransformasyonu ve albümin sentezi azalabilir. Özellikle düşük serum albümin düzeyleri, asidik ilaçların serbest fraksiyonlarını artırarak toksisite riskini yükseltir (16).Plazma kolinesteraz seviyesindeki düşüş ise ester yapılı ilaçların (örneğin, suksametonyum) metabolizmasında gecikmeye yol açabilir.

Santral Sinir Sistemi

Beyin hacmi yaşla birlikte azalırken, özellikle frontal loblardaki nöronal kayıplar ve dendritik ağlardaki basitleşme dikkat çekicidir. Serotonin, GABA ve adrenerjik reseptör yoğunluklarında düşüş görülürken, nörotransmitter sentezi de azalır (14). Yaşla birlikte genel anesteziğin minimum alveolar konsantrasyonu (MAC) her on yılda yaklaşık %4 oranında azalır (10). Bu durum yaşlı hastaların anestezi ajanlara daha duyarlı olmasına neden olur. Ayrıca yaşlı bireyler, anestezi uyanma sürecinde daha uzun süre konfüzyon ve bilişsel bozukluk gösterebilirler (21). Deliryum açısından risk altındaki bireylerde, bilişsel rezervin düşük olması belirleyici faktörlerdendir.

2.1.4 Yaşla Bağlı Farmakolojik Değişiklikler

Yaşlanmayla birlikte farmakokinetik ve farmakodinamik süreçlerde önemli değişiklikler meydana gelir. Bu değişiklikler; ilaçların emilimi, dağılımı, metabolizması ve atılımını etkileyerek, özellikle anestezi uygulamaları sırasında ilaçlara olan duyarlılığı artırır ve advers etkilerin riskini yükseltir (16). Bu nedenle geriatric hastalarda ilaç dozlarının bireyselleştirilmesi ve dikkatli titrasyonu büyük önem taşır.

Kardiyovasküler Sistem İlaçları

Beta blokerler, anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitörleri ve antiplatelet ajanlar, yaşlı hastaların sıklıkla kullandığı kardiyovasküler ilaçlardır. Kronik olarak beta bloker kullanan hastalarda bu ilaçlar perioperatif dönemde kesilmemelidir; çünkü ribaunt taşikardi ve miyokard iskemisi gelişebilir (10). Antiplatelet ve antikoagülan ajanların yönetimi ise multidisipliner bir yaklaşım gerektirir; ilaçların kesilmesi veya devam ettirilmesi kararları, hastanın kardiyovasküler riski ve cerrahi kanama riski göz önüne alınarak verilmelidir (11).

Yaşla birlikte albümin düzeyinde düşüş olması; albümine bağlanan antikoagülan ve antiaritmik ilaçların serbest fraksiyonlarını artırarak toksisite riskini yükseltebilir (16). Ayrıca, azalmış baroreseptör duyarlılığı ve kardiyak rezerv yetersizliği nedeniyle kardiyovasküler depresyona neden olan ilaçlar (örneğin propofol, opioidler) daha belirgin hipotansif etkilere yol açabilir.

Respiratuar Sistemi İlaçları

Yaşlı bireylerde solunum kas kitlesindeki azalma ve alveoler elastikiyetin bozulması nedeniyle solunum rezervleri kısıtlıdır. Opioidlerin solunum depresan etkilerine karşı duyarlılık artar ve bu durum postoperatif solunum yetmezliği riskini artırır (13). Bu nedenle opioid dozları minimal düzeyde tutulmalı, multimodal analjezi yöntemleri tercih edilmelidir. Benzodiazepinler de benzer şekilde solunum depresyonu ve deliryum riskini artırabilir (20).

Renal Sistem ve İlaç Atılımı

Yaşla birlikte böbrek kan akımı ve glomerüler filtrasyon hızı azalır. Bu değişiklikler, özellikle renal atılımı olan ilaçların (aminoglikozidler, digoksin, bazı kas gevşeticiler gibi) eliminasyonunun gecikmesine ve toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilir (16). Ayrıca SGLT-2 inhibitörleri gibi yeni nesil oral antidiyabetiklerin, özellikle büyük cerrahiler öncesi 3–4 gün önceden kesilmesi önerilmektedir; aksi halde öglisemik diyabetik ketoasidoz riski mevcuttur (10).

Hepatik Metabolizma

Hepatik kan akımı ve karaciğer kütlesindeki azalma nedeniyle karaciğerde metabolize olan ilaçların (örneğin, benzodiazepinler, propofol, opioidler) klirensi azalır ve etki süreleri uzar. Özellikle benzodiazepinlerin eliminasyon yarı ömrü yaşla birlikte %50 oranında artabilir; bu da postoperatif dönemde konfüzyon ve deliryum riskini yükseltir (14). Midazolam gibi ajanların daha düşük dozlarda ve dikkatli titrasyonla kullanılması önerilmektedir.

Santral Sinir Sistemi İlaçları

Yaşlı hastalarda santral sinir sisteminde oluşan nöronal kayıplar, nörotransmitter sentezindeki azalma ve reseptör hassasiyetlerindeki değişiklikler, sedatif ve hipnotik ilaçlara karşı belirgin farmakodinamik duyarlılık artışı oluşturur (21). Minimum alveolar konsantrasyon (MAC), her on yılda yaklaşık %4 oranında azalır ve bu durum inhalasyon ajanlarının daha düşük dozlarda yeterli etkiler sağlamasına olanak tanır (10).

Benzodiazepinler ve antikolinergik ilaçlar, geriatric hastalarda postoperatif deliryum riskini artırmaları nedeniyle dikkatle kullanılmalıdır. Amerikan Geriatri Derneği, bu ajanların mümkünse alternatifleriyle değiştirilmesini veya minimal dozlarda kullanılmasını önermektedir (20). Buna karşılık, düşük doz ketaminin (0,5 mg/kg) deliryum insidansını azaltabileceğine dair bazı veriler mevcuttur (26).

Kas Gevşeticiler

Yaşlı bireylerde, karaciğer veya böbrekten atılan non-depolarizan kas gevşeticilerin süresi uzayabilir. Örneğin, rokuronyum ve vekuronyum gibi ajanlar yaşlı hastalarda daha uzun süre etki gösterebilirken, atrakuryum ve sisatrakuryum gibi Hoffman eliminasyonuyla atılan ajanların farmakokinetikleri yaşla değişmez ve daha güvenli kabul edilir(10). Süksinilkolinin etkisi ise yaşla değişmemekle birlikte, azalmış kardiyak debi ve kas perfüzyonu nedeniyle etki başlangıcında gecikme olabilir.

2.1.5 Geriatrik Ortopedik Cerrahilerde Preoperatif Değerlendirmenin Önemi

Gelişen sağlık hizmetleri ve yaşam süresinin uzamasıyla birlikte, yaşlı popülasyon artmakta ve buna bağlı olarak cerrahi müdahale gerektiren geriatric hasta sayısı da hızla çoğalmaktadır. Ortopedik cerrahiler, yaşlı bireyler arasında en sık uygulanan operasyonlar arasında yer almakta olup bu hasta grubunda postoperatif komplikasyon riski genç bireylere kıyasla bariz miktarda daha yüksektir.(27)

Geriatric hastalarda özellikle solunum fonksiyonlarının değerlendirilmesi yapılan cerrahi operasyona bağlı gelişebilecek komplikasyonların öngörülmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Diyafragma hareketliliği, solunum fonksiyonlarının önemli bir göstergesi olup son yıllarda preoperatif dönemde yatak başında yapılan diyafragma ultrasonografisi ile değerlendirilmesi giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Postoperatif pulmoner komplikasyonlar; her ne kadar intraoperatif ve postoperatif olaylardan kaynaklansa da atelektazi, pnömoni, efüzyon ve uzamış mekanik ventilasyon, azalmış kas gücü gibi temel özelliklerle de ilişkilendirilebilir. Operasyon sonrası solunum işi artar, bu nedenle hastanın etkili bir şekilde nefes alıp vermesi için önemli ölçüde solunum kas gücü gereklidir. Hastaların ayrıca sekresyonlarını çıkarabilmeleri için yeterli bir öksürük üretmeleri gerekir. Solunumun ana kasının fonksiyonunun değerlendirilmesi bu nedenle önemlidir. (28,29)

Benzer şekilde, sarkopeni ve kırılabilirlik göstergeleri, yaşlanan cerrahi popülasyonundaki olumsuz sonuçları tahmin etmeye yardımcı olabilir(30) Bu nedenle pulmoner komplikasyon riski taşıyan hastaların belirlenmesinde standart risk skorları, sarkopeni ve kırılabilirlik göstergeleriyle birlikte diyafragma fonksiyonunun değerlendirilmesi önemlidir.

2.1.6 Geriatric Hastalarda Cerrahi Süreç ve Komplikasyon Riski

Yaşlanmayla birlikte solunum kasları fonksiyonlarında meydana gelen azalma, kronik hastalıklarda artış ve vücut sistemlerinin homeostatik yanıtlarındaki zayıflama, yaşlı bireylerin solunumsal fonksiyonlarını cerrahi girişimler sonrası daha kırılabilir bir hale getirmektedir. Geriatric popülasyon grubundaki hastalar, anatomik ve fonksiyonel değişiklikler ve zayıflamalar nedeniyle cerrahiye bağlı gelişebilecek komplikasyonlar açısından yüksek risk grubunda yer almaktadır. Kardiyopulmoner kapasitenin azalması, renal fonksiyonlarda bozulma, bilişsel gerileme ve kronik hastalıklara bağlı olarak çoklu ilaç kullanımı gibi durumlar hem anestezi sürecini hem de cerrahi sonrası iyileşme dönemini doğrudan etkilemektedir, hastanın morbidite ve mortalitesinde artışa neden olmaktadır.(31)

Ortopedik cerrahi işlem uygulanan geriatric popülasyonda komplikasyonlar ve morbidite süresi; kemik fraktürlerine bağlı fonksiyon kayıpları, kronik ve dejeneratif hastalıklar nedeniyle genç popülasyona göre daha sık şekilde yaşanmaktadır. En sık karşılaşılan komplikasyonlar arasında pulmoner patolojiler, derin ven trombozu, kardiyak olaylar, deliryum ve fonksiyonel ekstremitte zayıflıkları yer almaktadır. Bu durum hem

hastanede kalış süresinin uzamasına hem de mortalite oranlarının artmasına yol açabilmektedir.(32)

2.1.7 Postoperatif Komplikasyonların Öngörülmesinde Diyafragma Fonksiyonunun Rolü

Geriatrik hastalarda cerrahiye bağlı risklerin en aza indirilebilmesi, multidisipliner bir değerlendirme sürecini gerekli kılmaktadır. Preoperatif dönemde hastanın fonksiyonel kapasitesi, solunum kaslarının gücü, akciğer fonksiyonları, beslenme durumu ve mevcut komorbiditeleri kapsamlı bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu süreçte invaziv olmayan, hızlı ve güvenilir bir yöntem olan diyafragma ultrasonografisi; özellikle pulmoner komplikasyon riskinin öngörülmesinde değerli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu sayede hem hasta güvenliği artırılabilir hem de cerrahi müdahalenin başarısı daha yüksek bir düzeyde sağlanabilir.

Bu bağlamda, solunum kaslarının ve akciğer fonksiyonlarının preoperatif olarak değerlendirilmesi, özellikle yaşlı hastalarda daha da kritik bir hale gelmektedir. Zira ileri yaş grubunda sıklıkla karşılaşılan immobilizasyon, sarkopeni ve fiziksel kısıtlılık gibi durumlar diyafragma fonksiyonlarında azalmaya neden olmakta; bu da postoperatif dönemde solunumsal komplikasyonların gelişme riskini anlamlı ölçüde artırmaktadır.

Diyafragma, solunumun primer kası olarak, postoperatif solunumsal kapasitenin korunmasında ve yeniden kazanılmasında belirleyici bir rol üstlenmektedir. Bu kasın fonksiyonel yeterliliği, cerrahi sonrası dönemde gelişebilecek pulmoner komplikasyonların öngörülmesinde önemli bir parametredir. Diyafragma kalınlığı ve hareketliliğinin ultrasonografi ile yatak başında, hızlı, güvenilir ve noninvaziv bir şekilde değerlendirilmesi; komplikasyon riskinin erken dönemde belirlenmesine ve hasta bazlı önleyici stratejilerin planlanmasına olanak tanır. Bu doğrultuda, preoperatif diyafragma ultrasonografisi, geriatrik hastaların cerrahiye hazırlık sürecinde vazgeçilmez bir değerlendirme aracı olarak ön plana çıkmaktadır.

2.1.8 Diyafragma Ultrasonografisi ve Cerrahiye Hazırlık

Cerrahi operasyonların güvenli ve başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için hastanın fonksiyonel kapasitesi ve fizyolojik halinin preoperatif dönemde doğru şekilde değerlendirilmesi gerekir. Bu yüzden başta solunum sistemi olmak üzere hastanın yaşam kalitesini etkileyen bütün hayati fonksiyonlarının, anatomik ve fizyolojik yapılarının dikkatli

bir şekilde değerlendirilmesi ve buna göre peroperatif vaka yönetimi yapılması büyük önem taşır.

Diyafragma, solunum sisteminde akciğerin hareketlerini sağlayan ana kaslardandır ve diyafragmada meydana gelmiş fonksiyonel bozukluklar, başta torasik ve abdominal cerrahi operasyonlar olmak üzere hastanın immobilizasyonuna neden olan bütün patolojik durumlarda postoperatif pulmoner komplikasyon riskinde artışa ve morbiditede artışa neden olabilir. (33)Diyafragma fonksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılan ultrasonografi (USG); gelişen teknoloji, yıllar içinde meydana gelen bilgi birikimi ve uygulama tekniklerinin gelişmesiyle birlikte non-invaziv, yatak başı kolaylıkla uygulanabilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olması nedeniyle son zamanlarda popülerleşmiş ve klinik olarak kullanımı artmıştır.(34)

Diyafragma ultrasonografisi hem kas kalınlığı hem de kasın hareketliliğinin objektif olarak değerlendirilmesini sağlar. Yüksek frekanslı lineer proplar veya düşük frekanslı konveks proplar ile yapılan bu görüntüleme yöntemi sayesinde diyafragma disfonksiyonu, atrofisi veya paralizisi gibi durumlar cerrahi öncesinde tespit edilebilir. Özellikle genel anestezi uygulanan hastalarda olduğu gibi solunum fonksiyonlarının baskılandığı durumlarda, preoperatif dönemde diyafragma fonksiyonlarının değerlendirilmesi intraoperatif anestezi yönetimi ve hastanın postoperatif bakımının planlaması açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Ameliyat olacak hastalardan özellikle obezite, KOAH veya nöromusküler hastalık anamnezi olanlarda diyafragma fonksiyonunun doğru değerlendirilmesi, cerrahi işlem sonrası hastanın tedavisinin daha doğru şekilde belirlenmesini sağlar. Ayrıca mekanik ventilasyona uzun süre maruz kalmış hastalarda diyafragma disfonksiyonunun erken teşhisi ve hastanın rehabilitasyon sürecinin planlanması açısından da ultrasonografi önemli bir araçtır. Bütün bunları göz önünde bulundurduğumuzda cerrahiye hazırlık sürecinde diyafragma ultrasonografisinin kullanımı hem morbidite ve mortaliteyi azaltabilir hem de hastanın hastanede kalış süresini kısaltıp erken mobilizasyonu sağlayabilir.

Sonuç olarak diyafragma ultrasonografisi, cerrahi hazırlık sürecinde fizyolojik rezervin belirlenmesi ve olası komplikasyonların öngörülüp ona göre önlem alınması konusunda önemli bir yer tutar. Literatürde giderek artan sayıda çalışma, bu yöntemin cerrahi başarıya katkısını desteklemekte olup uygulamanın yaygınlaştırılması hasta bakımının kalitesini artırma yönünde büyük önem taşımaktadır.(35)

2.2 Akciğer ve Diyafram Görüntüleme Yöntemleri

2.2.1 Akciğer Grafisi (APAG)

Yoğun bakım hastalarında yatak başında gerçekleştirilen APAG, rutin ve günlük bir uygulama olup özellikle solunum yetmezliği bulunan olgularda akciğer durumunun değerlendirilmesinde önemli bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemin tanısal açıdan sınırlı bir etkinliğe sahip olduğu, her zaman doğru neticeler vermediği çeşitli klinik çalışmalarla ortaya konmuştur (36,37). Ayrıca plevral efüzyon, akciğer infiltrasyonu ve interstisyel sendromun yanlış tanı ve tedavisine yol açabilir; morbiditeyi ve yatış süresini uzatabilir.

Acil servisler ve yoğun bakım üniteleri gibi hızlı ve güvenilir tanı yöntemlerinin gerekli olduğu yerlerde hastada bulunan akciğer patolojilerinin yatak başı akciğer grafisi ile belirlenmesi zaman alabilir ve bu görüntülerin yorumlanması klinisyenler arasında görüş ayrılıklarına neden olup hatalı teşhislere ve tedavilere neden olabilir.(37)

Hastaya pozisyon vermede yaşanan zorluklar hem hastaların hem de sağlık çalışanlarının radyasyona maruz kalma riski ve klinik değişikliklerin radyolojik görüntüye yansımalarının gecikmeli olması bu yöntemin başlıca dezavantajları arasında yer almaktadır. Bununla birlikte mobil röntgen cihazlarındaki nispeten düşük görüntü kalitesi ve çekilen filmin genellikle yatar ya da yarı oturur pozisyonda çekilmesi gibi nedenlerden dolayı postoperatif dönemde gelişebilecek pulmoner komplikasyonların tanısını tespit etmekte hatalar oluşabilir.

2.2.2 Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Bilgisayarlı tomografi (BT) pnömotoraks, interstisyel sendrom, akciğer konsolidasyonu ve infiltrasyonu, plevral efüzyon ve atelettazi gibi patolojilerin tanısının yanı sıra; lokalize transtorasik drenaj, ampiyem ve akciğer apsesi gibi terapötik girişimlerde de altın standart tanı yöntemi olarak kabul edilmektedir. Görüntü oluşumu, APAG'de olduğu gibi dokuların fiziksel yoğunluk farklarına dayanan benzer fiziksel prensiplere bağlıdır. Ancak bu görüntüleme tekniği hastaların, BT'nin bulunduğu yere transportunu gerektirdiği için; hemodinamik olarak stabilize edilmiş hastaların ileri düzey monitörizasyonu takip edebilen ve gerektiğinde tıbbi müdahale edebilecek yetkinlikte deneyimli bir sağlık ekibi eşliğinde gerçekleştirilmelidir.(38)

Bununla birlikte BT çekiminde maruz kalınan radyasyon dozunun yüksek olması ve BT'nin yüksek maliyeti, bu işlemin aynı hasta için tekrarlanabilirliğinde soru işaretlerine neden olmaktadır.(39) Dolayısıyla başta yoğun bakım hastaları olmak üzere BT ile görüntüleme sınırlı şekilde fayda sağlayan, mümkün olduğunca sık tekrarlanmaması gereken bir yöntem olarak klinisyenin imkanlarını sınırlandırmaktadır.

2.2.3 Ultrasonografi (USG)

Ultrasonografi, tanısal değerlendirme ve girişimsel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan, ses dalgalarının yansıma özelliğini kullanarak görüntüleme imkânı sağlayan bir tıbbi görüntüleme yöntemidir.(40) İyonize radyasyon içermemesi, non-invaziv yapısı, kolay erişilebilirliği ve düşük maliyeti nedeniyle geçtiğimiz yıllarla birlikte artarak klinik pratikte kullanılmaktadır.

Ultrasonografik görüntüleme, insan işitme sınırlarının üzerinde olan ve tipik olarak 1–20 MHz frekans aralığında değişen yüksek frekanslı ses dalgalarının dokuya iletilip geri yansıyan yankılarının analiz edilmesiyle elde edilir.(41)

Yoğun bakım pratiğinde ultrasonografi, özellikle torasik patolojilerin tanısında ve çeşitli girişimsel işlemlerin kılavuzluğunda önemli bir yer edinmiştir. Gerçek zamanlı görüntüleme sağlayarak pnömotoraks, plevral efüzyon, konsolidasyon, interstisyel sendrom gibi birçok akciğer patolojisinin yatak başında hızlı ve güvenilir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Ayrıca transtorasik drenaj, torasentez ve santral venöz kateterizasyon gibi işlemlerde komplikasyon riskini azaltmak ve başarı oranını artırmak amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır.(42)

2.3 Ultrasonografiye Giriş, Temel Bilgiler ve Kavramlar

Ultrasonografi, vücut dokularıyla etkileşime girerek içlerinden geçen mekanik ses dalgalarının kullanıldığı bir görüntüleme yöntemidir. Ses dalgaları, ortamda boyuna (longitudinal) veya enine (transvers) dalgalar şeklinde yayılabilir. Tıbbi ultrasonografide esas olarak boyuna ses dalgaları kullanılır, çünkü bu dalgaların yayılım yönü, ortamda meydana gelen tanecik yer değiştirmesiyle paraleldir. Tıbbi uygulamalarda kullanılan ultrason frekansı genellikle 1 ila 15 megahertz (MHz) arasında değişmektedir (1 MHz = 1 milyon Hz). Buna karşın insan kulağının işitebildiği frekans aralığı 20–20.000 Hz arasında sınırlıdır; bu sınırın üzerindeki frekanslar 'ultrason' olarak tanımlanır.(43)

Ultrasonografide ses dalgalarının kaynağını piezoelektrik kristaller oluşturur. “Piezo” terimi Yunanca kökenli olup “basmak” veya “sıkıştırmak” anlamına gelir. Bu kristaller, elektrik akımı uygulandığında mekanik titreşim oluşturarak ses dalgaları üretirler. Kristalin bu özelliği “*piezoelektrik etki*” olarak tanımlanır. Aynı prensip tersine de çalışabilir; yani dokuya iletilen ses dalgaları geri yansıdığı anda kristaller bu mekanik enerjiyi tekrar elektrik enerjisine dönüştürür. Elde edilen bu elektriksel sinyaller cihaz tarafından işlenerek anatomik görüntülere çevrilir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ultrason probu kristalleri, *kurşun zirkonat titanat (PZT)* adı verilen seramik malzemelerden üretilmektedir. PZT kristalleri, geniş frekans aralığında çalışabilme özellikleri sayesinde tıbbi ultrasonografi uygulamaları için ideal bir seçimdir. (43,44)

Ultrasonografide görüntü oluşumu, ses dalgalarının vücut içindeki farklı doku tipleriyle etkileşimi sonucu elde edilen yansımaların analizine dayanır. Bu süreçte en önemli fiziksel parametrelerden biri “akustik empedans”tır. Her dokunun ses dalgalarına karşı gösterdiği direnç, yani akustik empedansı farklıdır. İki farklı empedansa sahip dokunun sınırında ses dalgası kısmen yansır, kısmen de geçiş yapar. Yansıyan bu dalgalar, prob tarafından algılanarak elektrik sinyallerine dönüştürülür ve işlenerek görüntüye çevrilir. Yansıyan sinyalin gücü, iki doku arasındaki empedans farkına ve sınırın yapısına bağlı olarak değişir.(45)

Doku içindeki ses dalgaları yalnızca yansımaya uğramaz; aynı zamanda soğrulma (absorbsiyon), saçılma (scattering), zayıflama (atenüasyon) ve kırılma (refraksiyon) gibi çeşitli fiziksel süreçlere de maruz kalır. Bu etkiler, görüntü kalitesini ve çözünürlüğünü doğrudan etkileyen faktörlerdir. Örneğin, sesin dokuda ilerledikçe enerjisinin azalması ‘zayıflama’ olarak adlandırılır ve özellikle derin yapılar için görüntü kalitesini sınırlayan başlıca etmendir. (46)

Ultrasonografi cihazları, bu fiziksel süreçleri dikkate alarak farklı görüntüleme modları kullanır. En yaygın kullanılan mod olan parlaklık modu (B-mod:brightness mode), iki boyutlu anatomik yapıların gri skala üzerinde gösterilmesini sağlar. Hareketli yapıların zamana bağlı olarak değerlendirilmesini sağlayan hareket modu (M-mod:motion mode), özellikle kardiyak ve diyafragmatik hareketlerin analizi için tercih edilir. Doppler ultrasonografi ise ses dalgalarının frekansındaki değişim üzerinden doku veya kan akımı hareketini değerlendirir. Bu yöntem sayesinde damar içi kan akımı yönü, hızı ve paternleri hakkında bilgi edinilebilir.(47)

Sonuç olarak, ultrasonografi cihazı tarafından üretilen ses dalgalarının dokularla etkileşimi; görüntünün oluşmasında temel belirleyici unsurdur. Görüntüleme kalitesi, uygulanan frekans, kullanılan prob tipi ve doku karakteristikleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu fiziksel temellerin anlaşılması hem tanısal doğruluğun artırılması hem de ultrasonun klinik etkinliğinin maksimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

2.3.1 Ultrasesin Elde Edilmesi ve Görüntü Oluşumu

Ultrasonografik görüntünün oluşmasındaki temel mekanizma, piezoelektrik etki adı verilen fiziksel prensibe dayanır. Ultrason cihazının kalbini oluşturan transdüserler, piezoelektrik kristaller içerir. Bu kristaller, elektrik enerjisini mekanik dalgalara (yani ses dalgalarına) dönüştürerek hedef dokuya gönderir. Dokudan geri dönen yankılar aynı kristaller tarafından elektriksel sinyallere çevrilerek işlenir ve görüntüye dönüştürülür.(48)

Bu süreç şu şekilde özetlenebilir:

1. Elektriksel enerji → Piezoelektrik kristal → Ses dalgaları
2. Dokuya çarpan ses dalgaları → Yankılar
3. Yankılar → Piezoelektrik kristal → Elektriksel sinyaller → Görüntü

Ses dalgalarının dokulara yayılımı sırasında hız, yoğunluk ve yansıtıcılık gibi faktörler, görüntünün kontrastını ve çözünürlüğünü etkiler. Bu yüzden dokuların akustik özelliklerini bilmek, doğru yorumlama açısından kritiktir.

2.3.2 Ultrasonda Ekojenite

Ekojenite, dokuların ultrason dalgalarını yansıtma kapasitesini ifade eder ve görüntü üzerinde farklı tonlarda gri ölçekle temsil edilir. Her dokunun kendine özgü bir ekojenitesi vardır ve bu özellikler tanısal değerlendirmede yol göstericidir.

- *Hipoekoik*: Çevresine göre daha az yansıma yapan ve daha koyu görünen yapılar. Ör: solid tümörler, bazı kas dokuları.
- *Hiperokoik*: Daha fazla yansıma yapan, beyaz renkte izlenen yapılar. Ör: kalsifikasyonlar, yağ dokusu.
- *Anekoik*: Hiç yansıma yapmayan, tamamen siyah görülen yapılar. Ör: sıvı dolu kistler, mesane.
- *İzoekoik*: Komşu dokularla benzer ekojenitede olup ayırt edilmesi zor olan yapılar.

Ekojeniteye göre lezyonların karakterizasyonu, benign/malign ayrımı açısından önemlidir. Örneğin, anekoik yapılar genellikle sıvı içerikli olduğu için kist olarak değerlendirilirken, düzensiz sınırlı, hipoekoik yapılar malignite şüphesi uyandırabilir.

Şekil 2. 1 Ekojenite



2.3.3 Ultrasonda Transdüserler

Ultrason görüntüleme sisteminde transdüser hem ses dalgalarının üretilmesinden hem de yankıların algılanmasından sorumlu temel bileşendir. Kullanılan transdüserin tipi, frekansı ve yapısal özellikleri, görüntüleme yapılacak anatomik bölgeye göre değişir.(48)

Başlıca Transdüser Tipleri:

- *Linear (Array) Transdüser:*
 - Frekans: 7-12 MHz
 - Yapı: Düz, dikdörtgen
 - Kullanım alanı: Yüzeysel yapılar (tiroid, meme, damarlar, kas-iskelet sistemi)
 - Avantaj: Yüksek çözünürlük

- *Konveks (Curvilinear) Transdüser:*
 - Frekans: 3,5–5 MHz
 - Yapı: Geniş açılı, kavisli yüzey
 - Kullanım alanı: Abdominal organlar, obstetrik muayeneler
 - Avantaj: Derin yapılar için daha iyi görüntüleme
- *Phased Array Transdüser:*
 - Frekans: 1,5–5 MHz
 - Yapı: Küçük, kare şekilli yüzey
 - Kullanım alanı: Kardiyak değerlendirme
 - Avantaj: Dar alanlardan geçiş ve hızlı görüntüleme
- *Endokavit Transdüser (Transvajinal/Transrektal):*
 - Yapı: Mikro-konveks
 - Kullanım alanı: Pelvik organlar, prostat, rektum
 - Avantaj: Yüksek çözünürlükte yakın alan görüntüleme
- *Transözofageal Transdüser (TEE):*
 - Kullanım alanı: Kalbin posterior yapıları
 - Özellik: Özofagus içinden geçirilerek detaylı kardiyak görüntüleme sağlar
 - Kullanım yeri: Kritik hasta takibi, intraoperatif kardiyak değerlendirme
- *3D/4D Transdüserler:*
 - Kullanım alanı: Obstetrik görüntüleme, yüzeysel yapıların hacimsel değerlendirmesi
 - Özellik: Gerçek zamanlı üç ve dört boyutlu görüntüler sunar

Şekil 2. 2 Problar



Transdüser Tutuşu:

Ultrasonografi uygulamalarında elde edilen görüntü kalitesi, büyük ölçüde operatörün transdüser üzerindeki kontrolüne ve el pozisyonuna bağlıdır. Transdüserin doğru tutulması, hem hedeflenen anatomik yapıların net şekilde görüntülenmesini sağlar hem de artefakt oluşumunu en aza indirir. Bu bağlamda, transdüserin stabilitesi ve manevra kabiliyeti açısından önerilen tutuş biçimi, cihazın bir kalem gibi kavranmasıdır. Başparmak, işaret ve orta parmak transdüseri nazikçe çevreleyecek şekilde yerleştirilirken; yüzük ve serçe parmaklar probun temas ettiği bölgeye hafifçe destek sağlayarak ellerin sabitliğini artırmalıdır. Bu destekleme, özellikle uzun süren taramalarda el yorgunluğunu azaltır ve görüntüde meydana gelebilecek istenmeyen kaymaların önüne geçer. Ayrıca yüzeyle temas eden parmaklar sayesinde nefes hareketleriyle oluşabilecek pozisyon değişikliklerine karşı

daha iyi bir denge sağlanmış olur. Operatörün bu teknik detaylara dikkat etmesi, sonografik değerlendirme sürecinin hem güvenilirliğini hem de tanısal doğruluğunu önemli ölçüde artırmaktadır.

2.3.4 Ultrasonda Görüntü Ekranı ve Klavyenin Kullanımı

Ultrasound cihazı, görüntüleme dışında pek çok fonksiyonel araca sahiptir. Cihaz ayarlarının doğru yapılandırılması, elde edilecek görüntünün kalitesini doğrudan etkiler. Görüntü optimizasyonu; parlaklık, kontrast, derinlik ve odaklanma gibi parametrelerle sağlanır.(49)

Temel Ayarlar:

- *Gain(Kazanç):*
Görüntünün genel parlaklığını ayarlar. Düşük parlaklıkta detaylar kaybolur, fazla parlaklıkta ise görüntü aşırı parlak ve bulanık olur.
- *Depth(Derinlik):*
Görüntüleme yapılacak yapının ekrandaki konumunu belirler. Hedef yapının ekranın ortasında yer alması ideal görüntüleme sağlar.
- *Focus(Odak):*
Görüntüde en net bölgenin belirlenmesini sağlar. İncelenen doku odak noktasına denk getirilmelidir.
- *TGC(Time Gain Compensation):*
Derinliğe göre farklı bölgelerin parlaklığını dengeleyerek homojen bir görüntü elde edilmesini sağlar. Genellikle sağ kenarda bulunan düğmelerle ayarlanır.

Şekil 2. 3 Parlaklık (Gain) Ayarı Görüntüleme Farklılıkları



Artefaktlar:

Her ne kadar istenmeyen durumlar gibi görünseler de bazı artefaktlar tanıya katkı sağlayabilir.

- *Akustik Gölgeleme:*
Kemik, taş gibi ses geçirmeyen yapılardan sonra oluşan koyu alanlardır. Örn: safra taşı varlığında tanıya yardımcıdır.
- *Akustik Zenginleşme:*
Sıvı dolu yapıların arkasında artan parlaklıkla karakterizedir. Kistik yapıların ayırt edilmesinde önemlidir.
- *Reverberasyon:*
Ses dalgalarının çoklu yansımaları sonucu paralel çizgiler oluşur. Özellikle hava-sıvı ara yüzeylerinde gözlenir.
- *Mirror Image:*
Konkav yapıların (örneğin diyafram) yansıtıcı etkisi ile bir organın karşı tarafta hayali görüntüsünün oluşmasıdır.

2.3.5 Ultrasonografi ile Akciğer Değerlendirmesinde Temel İlkeler

Giriş ve Ultrasonografi Yönteminin Klinik Rolü

- Akciğer ultrasonografisinin tarihçesi ve gelişimi
- Noninvaziv doğasının klinik pratikteki avantajları
- Konvansiyonel görüntüleme yöntemleriyle karşılaştırılması

Ultrasonografi Uygulama Teknikleri

- Hasta pozisyonlandırması
- Prob seçimi ve temas şekilleri
- Solunum hareketlerinin görüntüleme üzerindeki etkisi

Torasik Anatomik Yapıların Ultrasonografik Yansımaları

- Torasik duvar, plevral boşluk ve akciğerin temel sonografik anatomisi
- Referans noktaları ve anatomik belirteçler(landmarklar)

- "Sonotranstorakal" görüntüleme kavramı

Görüntüleme Alanları ve Tarama Protokolleri

- Toraksın anatomik bölgelere ayrılması (anterior, lateral, posterior bölgeler)
- Her bölgeye özel değerlendirme tekniği
- Standardize tarama sistemleri (örneğin: 8–12 bölge yaklaşımı)

Normal Akciğerin Ultrasonografik Bulguları

- Plevral Kayma (Sliding) Belirtisi
- A Çizgileri (Reverberasyon Artefaktları)
- Deniz Kenarı işareti (Seashore) ve Yarasa İşareti (Bat Sign) Görünümleri
- M-Modda Normal Hareket Paterni

Patolojik Akciğer Bulgularının Sonografik Sınıflandırması

- İnterstisyel Sendrom
 - B Çizgileri (komet kuyrukları)
 - Lineer artefakt yoğunluğu ve dağılımı
- Alveolar Konsolidasyonlar
 - Hepatizasyon görünümü
 - Bronkogram işaretleri
- Plevral Patolojiler
 - Plevral kalınlaşma, plaka veya adhezyonlar
- Pnömotoraks
 - Kayma işaretinin kaybı
 - Akciğer Noktası İşareti (Lung Point) ve M-Modda Barkod işareti (Barcode Sign)
- Plevral Efüzyonlar
 - Anekoik veya hiperekoik sıvı alanları

- Diyafram hareketleriyle ilişkili bulgular

Klinik Uygulamada BLUE Protokolü

- Dispneik hastada tanısal algoritma
- Protokol adımları ve algoritmik yorum
- Hızlı karar destek sistemi olarak BLUE yaklaşımı

2.3.6 Giriş ve Ultrasonografi Yönteminin Klinik Rolü

Akciğer Ultrasonografisinin Tarihçesi ve Gelişimi

Akciğer ultrasonografisi (Lung Ultrasound-LUS), tarihsel açıdan diğer organ sistemlerinin ultrasonografik değerlendirilmesine kıyasla daha geç dönemde klinik pratikte yer bulmuştur. Bunun temel nedeni, hava içeren akciğer dokusunun ultrasonik ses dalgalarının iletimine karşı dirençli olması ve bu durumun görüntü kalitesini olumsuz etkileyeceği yönündeki uzun süreli yanlış kanıdır.(50) Ancak bu önyargı, 1967 yılında Joyner ve arkadaşlarının plevral efüzyon tanısı için USG kullanımı üzerine yayımladığı öncü çalışma ile kırılmaya başlamıştır. Yine de bu alanda uzun bir süre boyunca sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır.(51)

Akciğer ultrasonografisinin sistematik olarak gelişimi 1990'lı yıllarda Dr. Daniel Lichtenstein'in öncülüğünde gerçekleşmiştir. Lichtenstein, klinik karar süreçlerini desteklemek amacıyla BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency), FALLS (Fluid Administration Limited by Lung Sonography), SESAME (Sequential Echographic Scanning Assessing Mechanism or Origin of Severe Shock of Indistinct Cause) gibi protokolleri tanımlayarak bu görüntüleme yönteminin klinik kullanımını yapılandırmıştır. (52,53).Günümüzde bu protokoller, özellikle yoğun bakım üniteleri ve acil servislere yaygın olarak kullanılmaktadır.

LUS'un farklı klinik senaryolarda hızla artan kullanımı, uygulama tekniklerinde ve yorumlama kriterlerinde çeşitliliğe neden olmuştur. Bu çeşitliliği dengelemek ve uygulamada standartlaşmayı sağlamak amacıyla Uluslararası Akciğer Ultrasonu Konsensüs Konferansı (International Consensus Conference on Lung Ultrasound- ICC-LUS) gerçekleştirilmiş ve nokta başı LUS (Point-of-Care LUS) uygulamaları için kanıt dayalı rehberler sunulmuştur. Bu rehberler; terminoloji, teknoloji, teknik, klinik etkiler, maliyet-etkinlik ve gelecek araştırmalar olmak üzere altı temel başlık altında sınıflandırılmıştır.

Noninvaziv Doğasının Klinik Pratikteki Avantajları

USG; iyonizan radyasyon içermemesi, yatak başı uygulanabilirliği ve gerçek zamanlı görüntüleme imkânı sayesinde özellikle kritik hastaların değerlendirilmesinde büyük avantaj sağlamaktadır. Bu yöntem, hasta transferine gerek kalmadan yapılabildiği için hem güvenliği artırmakta hem de tanı sürecini hızlandırmaktadır. Akciğer USG'si, yalnızca tanı amacıyla değil, aynı zamanda invaziv girişimlerin (torasentez, drenaj, santral kateter yerleştirme vb.) yönlendirilmesinde de önemli rol oynar.

Yoğun bakım ve acil servis gibi zamanın kritik olduğu alanlarda, LUS operatör tarafından doğrudan ve hızlı biçimde uygulanabilir. Bu da hasta başında hızlı tanı koyma ve tedaviye erken başlama imkânı sağlayarak mortalite ve morbidite oranlarını azaltma potansiyeli sunar. Ayrıca, hekim dışı sağlık profesyonelleri de uygun eğitim sonrası LUS uygulamalarında etkili şekilde görev alabilmektedir. Bu durum, LUS'un sağlık hizmetlerinde erişilebilirliğini ve sürdürülebilirliğini artıran önemli bir avantajdır.

Konvansiyonel Görüntüleme Yöntemleriyle Karşılaştırılması

Akciğer patolojilerinin değerlendirilmesinde sıklıkla akciğer grafisi (APAG) ve bilgisayarlı tomografi (BT) kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler çeşitli sınırlılıklar barındırmaktadır. Örneğin, APAG düşük duyarlılığı nedeniyle erken evre patolojileri saptamada yetersiz kalabilir. Bilgisayarlı tomografi ise yüksek radyasyon maruziyeti, lojistik zorluklar ve maliyet gibi dezavantajlara sahiptir.

Buna karşın akciğer USG'si, plevral efüzyon, pnömotoraks, interstisyel sendromlar (örneğin pulmoner ödem), konsolidasyon ve ARDS gibi durumların tanısında yüksek doğruluk oranı sunmaktadır. Literatürde ultrasonografinin APAG'ye kıyasla daha yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip olduğu; bazı durumlarda ise BT ile benzer tanısal değere ulaşabildiği gösterilmiştir. (54) Ayrıca LUS, gerektiğinde gün içerisinde birden çok kez tekrar edilebilme özelliği sayesinde hasta takibinde de etkili bir araç olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak, ultrasonografinin konvansiyonel görüntüleme yöntemlerine kıyasla hızlı, güvenli, taşınabilir ve etkili olması, onu özellikle kritik hasta yönetiminde öncelikli bir tanı aracı haline getirmiştir.

2.3.7 Ultrasonografi Uygulama Teknikleri

Hasta Pozisyonlandırması

Ultrasonografi (USG) uygulamalarında hasta pozisyonlandırması, görüntüleme kalitesini doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Uygun pozisyon sayesinde hedef yapılar akustik pencere içerisine alınarak artefaktlar minimize edilir ve anatomik bölgelerin optimal görüntülenmesi sağlanır. USG’de hasta genellikle supin ya da lateral dekübit pozisyonda değerlendirilir.(55) Bu pozisyonlar, anterior ve lateral toraks duvarına erişimi kolaylaştırır ve yatak başı uygulamalarda pratiklik sunar.(56)

Posterior torasik yapılar, özellikle de akciğer alt loblarının dorsal segmentleri değerlendirilecekse, en uygun görüntüleme pozisyonu lateral dekübit pozisyonudur. Bu pozisyonda hastanın üst ekstremitesi öne doğru alınarak skapulanın toraks duvarından uzaklaştırılması sağlanır; böylece interkostal aralıklara erişim kolaylaşır ve görüntüleme kalitesi artar. Posterior plevral boşluğun daha ayrıntılı incelenmesi gereken durumlarda, hastanın oturur pozisyona getirilmesi ideal olmakla birlikte, kritik hastalarda bu genellikle uygulanabilir değildir. Bu gibi olgularda lateral eğim ya da minimal gövde rotasyonu gibi alternatif pozisyonlandırma stratejileriyle görüntüleme mümkün kılınabilir.(56)

Pozisyonlandırma, yalnızca anatomik alanlara erişimi değil, aynı zamanda solunum hareketlerinin izlenebilirliğini de doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle, pozisyon seçiminde hastanın konforunun yanı sıra stabilizasyonu da göz önünde bulundurulmalıdır. Uygun bir pozisyonlama, hem operatörün hedeflenen yapıya kolay erişimini sağlamalı hem de probun stabilitesini koruyarak solunum hareketleriyle oluşabilecek artefaktları en aza indirmelidir. Böylece hem görüntü kalitesi artırılır hem de tanısal doğruluk güçlendirilmiş olur.

2.3.8 Prob Seçimi ve Temas Şekilleri

USG uygulamalarında kullanılacak probun türü, frekansı ve temas şekli; klinik senaryo, hedef yapı ve anatomik bölgeye göre değişkenlik gösterir. Genel olarak üç tip prob kullanımı öne çıkar: lineer, konveks ve mikro-konveks proplar.(57)

- *Lineer prob (7–12 MHz):* Yüksek frekansı sayesinde yüzeysel yapıları, özellikle plevral hatları ve plevral hareketleri ayrıntılı değerlendirme olanağı sunar. İnceleme sırasında plevra hattının ayrıntılı görüntülenmesi ve akciğer kaymasının tespiti için tercih edilir. Ancak penetrasyon derinliği sınırlı olduğundan, yalnızca yüzeysel bölgelerde kullanılmalıdır.

- *Konveks prob (3.5–5 MHz)*: Düşük frekansı sayesinde daha derin yapıların, örneğin konsolidasyonların, plevral efüzyonların ve akciğer alt loblarının değerlendirilmesinde avantaj sağlar. Geniş bir görüş açısına sahiptir.
- *Mikro-konveks prob (5–11 MHz)*: Küçük yüzey alanı sayesinde interkostal aralıklara rahatça yerleşebilir. Bu prob tipi hem yüzeysel hem derin yapıların incelenmesini olanaklı kılar ve özellikle kritik hastalarda zaman kaybetmeden çok sayıda protokolün (BLUE, FALLS, SESAME) uygulanmasına imkân tanır.

Probun temas şekli de görüntü kalitesini etkileyen önemli bir parametredir. Prob, toraks duvarına dik ve stabil bir şekilde yerleştirilmelidir. USG dalgalarının plevral yüzeye dik ulaşması, artefaktların daha belirgin oluşmasını ve tanısal doğruluğun artmasını sağlar. Özellikle pnömotoraks değerlendirmesinde bu temas açısı kritik önem taşır. Ayrıca, probun uygulama sırasında kaymaması ve sabit kalması için yeterli jel kullanımı ve gerekirse bir miktar basınç uygulanması önerilir. Bununla birlikte, probun aşırı basıncı doku deformasyonuna neden olabileceğinden dikkatli olunmalıdır.

Solunum Hareketlerinin Görüntüleme Üzerindeki Etkisi

USG, dinamik bir inceleme yöntemi olup, solunum hareketlerinin doğrudan izlenmesine olanak tanır. Bu nedenle solunum döngüsü boyunca oluşan anatomik değişikliklerin dikkatle değerlendirilmesi gereklidir. Normal solunum sırasında akciğerin ekspansiyonu ve retraksiyonu, plevral yüzeylerin birbirine sürtünmesini sağlar ve bu hareket “Akciğer kayma hareketi(lung sliding)” olarak adlandırılır. Bu bulgunun izlenmesi, plevral yapışıklıklar, pnömotoraks ya da diğer restriktif patolojilerin dışlanmasında önemli tanısal veriler sunar.

USG görüntüleme sırasında, en az bir solunum döngüsünü içeren videolar kaydedilmelidir. Böylece plevral çizginin hareketliliği, artefaktların (örneğin B-çizgisi, A-çizgisi) oluşumu ve sürekliliği değerlendirilebilir. Derin inspirasyon ve ekspirasyon sırasında akciğer dokusu ile plevral yüzeyin konumu değiştiğinden, sabit görüntü alınamayan hastalarda solunum yardımcı (inspiratuar ya da ekspiratuar tutulum sırasında) çekimler önerilebilir.

Yüksek çözünürlükte ve doğru zamanda alınan bu görüntüler, patolojik durumların ayırımında büyük rol oynar. Örneğin plevral efüzyonlar genellikle solunumla şekil değiştirirken, konsolidasyonlar daha sabit görünüm sergiler. Solunum hareketlerinin

görselleştirilmesi, tanı doğruluğunu artırırken aynı zamanda girişimsel işlemlerde de güvenliği artırır.

2.3.8 Torasik Anatomik Yapıların Ultrasonografik Yansıması

Torasik Duvar, Plevral Boşluk ve Akciğerin Temel Sonografik Anatomisi

Akciğer ultrasonografisinin klinik pratiğe yerleşmesindeki gecikmenin en önemli nedenlerinden biri toraksın anatomik yapısının ultrasonik değerlendirmeye sınırlı pencere sunmasıdır. (57). Toraks duvarı, kemik yapıları nedeniyle plevral yüzeyin yalnızca yaklaşık %70'ine kadar erişim sağlar. Bununla birlikte subkutan dokudan itibaren kostalar, interkostal kaslar ve plevral yapıların düzenli anatomik sıralanışı USG açısından değerlendirme yapılabilir bir pencere oluşturur. İnterkostal boşluklardan yapılan görüntülemelerde posterior akustik gölgelenme ile belirgin hale gelen kostalar, torakal anatomide "yarasa işareti" olarak adlandırılan tipik görüntüye zemin hazırlar. Bu görüntüde iki kosta gölgesi arasında yer alan hiperekoik plevral çizgi, akciğer ultrasonografisinin en kritik anatomik referansıdır.(58)

Sonografik olarak izlenen plevral hat, parietal ve visseral plevranın birleşiminden oluşur. Bu iki yapı toplamda yaklaşık 5 mikron kalınlığındadır ve solunum hareketlerine bağlı olarak birbirine sürtünmeksizin kayabilecek şekilde düzenlenmiştir. Ultrasonografide bu yapı, ciltten ortalama 0.5-1 cm derinlikte izlenen hiperekoik bir çizgi olarak görünür ve normal solunum hareketleriyle dinamik bir "plevral kayma (lung sliding)" fenomeni gösterir. Bu kayma, visseral plevranın parietal plevra üzerinde yaptığı ritmik hareketin sonografik karşılığıdır ve izlenmesi, değerlendirme yapılan bölgedeki ventilasyonun bir göstergesi olarak kabul edilir.

Visseral plevranın altında yer alan hava dolu alveoller, ultrasonik dalgalar için güçlü bir akustik bariyer oluşturur. Bu durum, normal akciğer parankiminin doğrudan görüntülenmesini imkânsız hale getirir; ancak bu yapıların yüzeysel projeksiyonlarındaki artefaktlar üzerinden dolaylı olarak patolojiler değerlendirilebilir. (59). Bu bağlamda A çizgileri, doğal artefakt olarak görülen ve normal havalanmayı gösteren yatay hiperekoik çizgilerdir. Öte yandan patolojik durumlarda B çizgileri, konsolidasyonlar ve plevral sınırlar gibi farklı sonografik bulgular ortaya çıkar.(53)

Referans Noktaları ve Anatomik Belirteçler

Ultrasonografinin doğru ve tekrarlanabilir bir şekilde uygulanabilmesi için anatomik referanslara dayalı sistematik bir inceleme yaklaşımı gereklidir. Bu amaçla göğüs

anatomisi, anterior, lateral ve posterior olmak üzere üç bölgeye ayrılır. Anterior bölge, sternum ile ön aksiller çizgi arasında, lateral bölge ön ve arka aksiller çizgiler arasında, posterior bölge ise arka aksiller çizgi ile vertebral kolon arasında yer alır. Her bölge üst ve alt yarım olmak üzere iki alt bölgeye ayrılarak toplamda hemitoraks başına altı, her iki akciğer için ise 12 temel bölge belirlenir.

Yatak başı uygulamalarda en sık kullanılan sistematik protokollerden biri Lichtenstein tarafından tanımlanan BLUE protokolüdür (Bedside Lung Ultrasound in Emergency)(56). Bu protokolda her bir hemitoraks için üç temel tarama noktası tanımlanmıştır; üst BLUE noktası, alt BLUE noktası ve PLAPS (Posterolateral Alveolar veya Plevral Sendrom) noktasıdır. Bu noktaların yerleşimi, hastanın göğsüne yerleştirilen eller yardımıyla kolayca belirlenebilir. Üst BLUE noktası genellikle klavikulanın hemen altına denk gelirken, alt BLUE noktası erkeklerde genellikle meme ucu hizasına yakındır. PLAPS noktası ise posterior aksiller çizgi üzerinde, alt BLUE noktası seviyesindedir. Bu bölgeler, farklı loblara karşılık gelmektedir: anterior noktalar üst lobları, lateral ve posterior noktalar ise alt lobları temsil eder.

Bu standardize yaklaşım sayesinde akciğer hastalıklarının lokalizasyonu ve yaygınlığının saptanması kolaylaşır. Ayrıca interstisyel sendromların değerlendirilmesi için geliştirilen sekiz bölge tekniği ya da daha ayrıntılı olan 28 noktalı tarama yöntemi, ileri düzey ultrasonografik değerlendirme açısından önemlidir.

Sonotranstorakal Görüntüleme Kavramı

“Sonotranstorakal” kavramı, toraks duvarı üzerinden yapılan ultrasonografik değerlendirmeyi tanımlar. Bu yaklaşımda interkostal boşluklar, akustik pencere olarak kullanılarak plevra ve ona bitişik akciğer yapılarının dinamik ve statik olarak incelenmesi sağlanır. Ultrasonografi probu, genellikle interkostal boşluklara uzunlamasına yerleştirilir ve prob ile cilt arasına yeterli miktarda jel uygulanarak ses dalgalarının etkili geçişi sağlanır. Aksi takdirde cilt ile hava arasında oluşacak yansıma, USG sinyalinin neredeyse tamamını geri yansıtarak görüntülemeyi imkânsız hale getirebilir.

USG dalgaları ciltten geçerek önce subkutan doku ve kasları, ardından kostaları ve plevral çizgiyi geçer. Kemik dokunun yüksek akustik empedansı nedeniyle kostalar hiperekoik kavisli çizgiler olarak izlenir ve sonrasında belirgin bir akustik gölgelenme oluşturur. İki kosta arasında, plevral çizginin yer aldığı bölge ise görüntüleme açısından ideal

bir pencere sunar. Burada izlenen “yarasa işareti (bat sign)”, torasik ultrasonografide anatomik oryantasyon açısından önemli bir bulgudur.(58)

Hareket modu (M-mod) görüntülemeye pleural çizginin üzerindeki yapılar statik olduğu için yatay çizgiler şeklinde görünürken, pleural çizgi altındaki hava dolu akciğerin hareketiyle "deniz-kumsal işareti (seashore sign)" olarak bilinen dinamik bir görüntü oluşur (55,60). Bu görüntü, akciğerin o bölgede havalandığını ve pleural yüzeylerin birbirine bitişik olduğunu gösterir. Bu nedenle sonotranstorakal görüntüleme, pnömotoraks, ateletazi, pleural efüzyon ve konsolidasyon gibi durumların hızlı, güvenli ve yatak başında tanımlanabilmesini sağlar. Ayrıca radyasyon içermemesi ve tekrarlanabilir olması nedeniyle, çocuklarda, hamilelerde ve yoğun bakım hastalarında güvenli bir tercih sunar.

2.3.9 Görüntüleme Alanları ve Tarama Protokolleri

Toraksın Anatomik Bölgelere Ayrılması

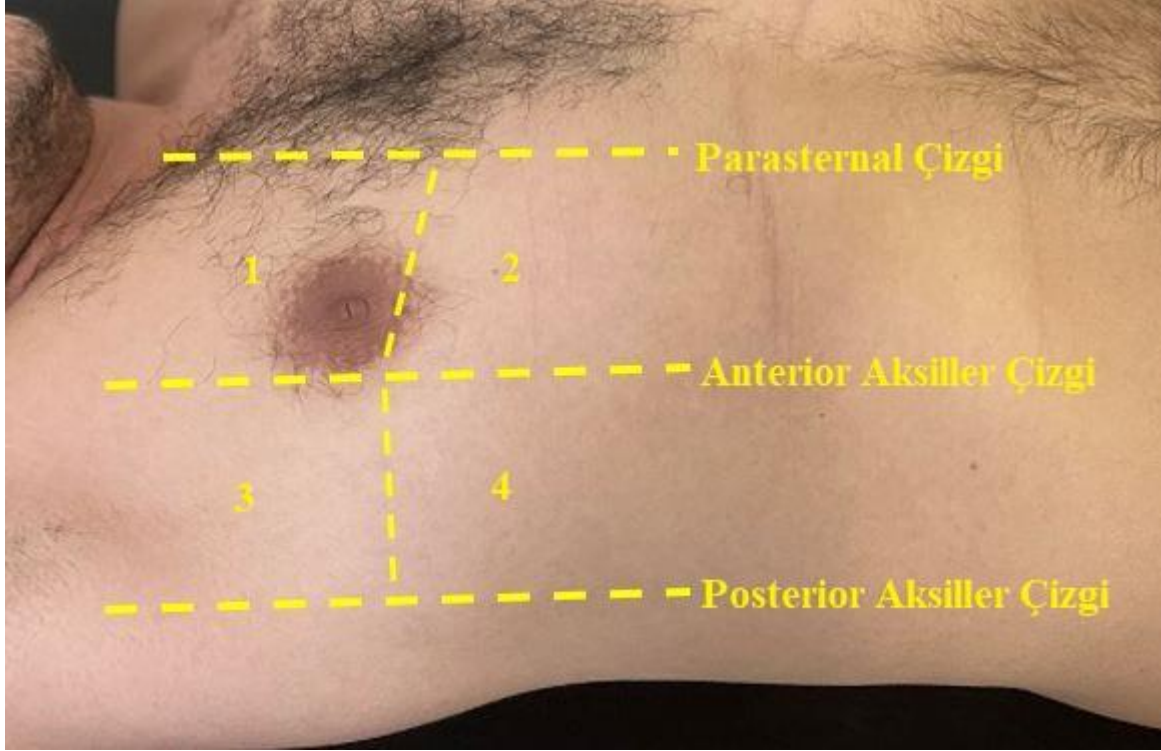
Ultrasonografide yapılan görüntülemenin sistematik ve tekrarlanabilir şekilde uygulanabilmesi için toraks anatomik olarak üç ana bölgeye ayrılır: anterior, lateral ve posterior. Bu ayırım hem görüntüleme kalitesini artırmakta hem de patolojik bulguların doğru lokalizasyonunu sağlamaktadır.

- Anterior Bölge: Sternum ile ön aksiller çizgi arasında kalan, üst sınırı klavikula ve alt sınırı diyafragma olan bu bölge, genellikle hasta sırtüstü pozisyonda iken incelenir. Bu bölge özellikle pnömotoraks, pleural kalınlaşma, yüzeysel konsolidasyon ve interstisyel sendrom gibi yüzeysel patolojilerin değerlendirilmesinde kullanılır. Sağ tarafta orta lob, her iki tarafta üst lobun büyük kısmı bu bölgeden değerlendirilebilir.
- Lateral Bölge: Ön ve arka aksiller çizgiler arasında kalan lateral torasik alan, orta ve alt loblara ait görüntülerin elde edilmesi açısından önemlidir. Diyafragmatik hareketlerin gözlemlenmesi, alt loblara ait konsolidasyonlar veya efüzyonların değerlendirilmesinde lateral bölge sıklıkla kullanılır. Hasta hafif yan döndürülerek görüntü kalitesi artırılabilir.
- Posterior Bölge: Posterior aksiller çizgi ile vertebral orta çizgi arasında kalan bölgedir. Ayakta ya da oturur pozisyondaki hastalarda en iyi şekilde değerlendirilir; ancak yoğun bakım hastalarında pozisyon kısıtlılıkları nedeniyle ulaşılması güç olabilir. Posterior bölge akciğerin alt loblarının ayrıntılı değerlendirilmesine olanak

sağlar ve özellikle plevral efüzyonlar, konsolidasyonlar ve bazı interstisyel hastalıklar bu bölgeden daha net saptanabilir.

Bu bölgelere yapılan ayırım sayesinde ultrasonografik muayene sırasında toraksın sistematik bir şekilde taranması mümkün hale gelir. Bu hem klinik karar verme sürecinde hem de izlemde tutarlılığı artırır.(59)

Şekil 2. 4 Akciğer Değerlendirme Bölgeleri



Her Bölgeye Özel Değerlendirme Tekniği

Ultrasonografiyle torasik yapıların değerlendirilmesi sırasında her bölgenin kendine özgü görüntüleme dinamikleri ve teknik gereklilikleri bulunmaktadır. Bölgesel değerlendirme yapılırken hastanın pozisyonu, probun açısı, temas şekli ve uygulanan basınç gibi parametreler tanı doğruluğunu doğrudan etkileyebilir.

- *Anterior Değerlendirme Tekniği:* Bu bölgenin değerlendirilmesinde yüksek frekanslı lineer veya mikro konveks prob kullanılır. Prob sternumun hemen lateralinden başlatılarak interkostal aralıklar boyunca kraniyo-kaudal yönlü kaydırılır. B-mod ve M-mod ile plevral çizgi hareketleri (örn. Akciğer kayma işareti), A ve B çizgileri, subplevral konsolidasyonlar tespit edilebilir. BLUE

protokolü kapsamında üst ve alt anterior BLUE noktaları bu bölgeye yerleştirilmiştir.

- *Lateral Değerlendirme Tekniği:* Lateral toraks duvarı boyunca prob uzunlamasına konumlandırılır. Burada diyafram hareketliliği, akciğerin bazal segmentleri, plevral efüzyonlar detaylı şekilde görüntülenebilir. Özellikle akciğerin alt loblarına ait posterior bazal konsolidasyonlar lateralden daha iyi saptanabilir. PLAPS noktası bu bölgeye geçişte değerlendirilir.
- *Posterior Değerlendirme Tekniği:* Hasta mümkünse oturur pozisyona getirilerek skapulanın medialinden prob yerleştirilir. Yoğun bakım hastalarında ise lateral dekübit pozisyonu tercih edilir. Posterior görüntüleme ile plevral boşlukta serbest sıvı birikimi, konsolidasyon, parapnömonik sıvılar ve plevral septasyonlar kolaylıkla tespit edilebilir. Lineer ya da konveks prob ile hem yüzeysel hem derin yapılar görüntülenebilir.

Her bölgeye özel bu teknikler; sadece anatomik yapının doğru değerlendirilmesini değil, aynı zamanda hastalıklara özgü bulguların daha hassas şekilde saptanmasını sağlar.

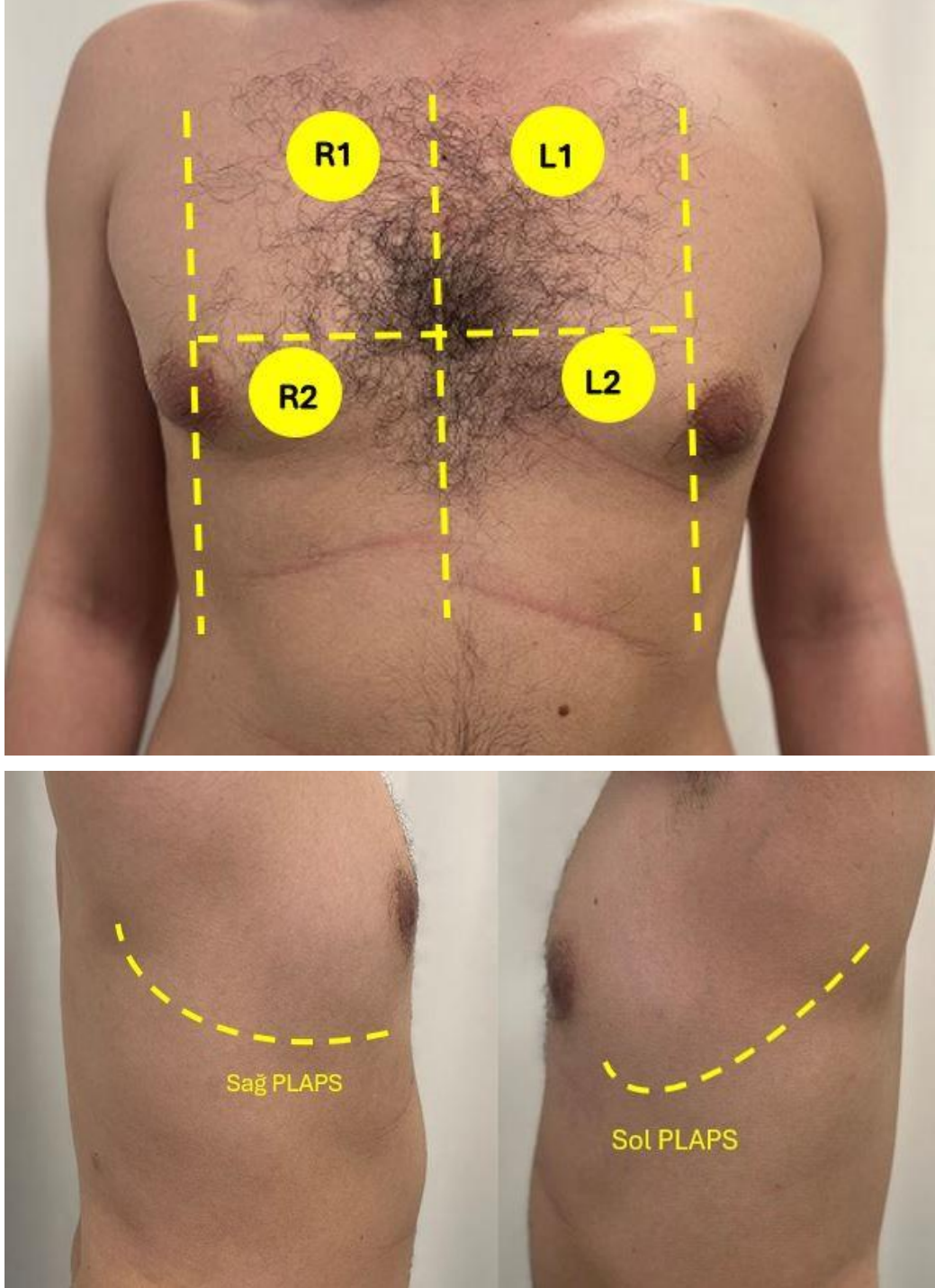
Standardize Tarama Sistemleri (Örneğin: 8–12 Bölge Yaklaşımı)

Torasik ultrasonografinin klinik uygulamalarda etkinliğini artırmak ve farklı kullanıcılar arasında karşılaştırılabilirliği sağlamak amacıyla çeşitli tarama protokolleri geliştirilmiştir. Bu sistematik protokoller hem hızlı hem de yapılandırılmış değerlendirme olanağı sunar.(58)

- *8 Bölge Protokolü (BLUE Protokolü):* Daniel Lichtenstein tarafından tanımlanan bu protokolle her hemitoraks 3 noktadan incelenir: iki anterior (üst ve alt BLUE noktaları) ve bir semiposterior (PLAPS noktası) bölge. Prob, hastanın klavikula altına yerleştirilen iki elin konumuna göre belirlenen sabit anatomik noktalarda konumlandırılır. Bu yaklaşım pnömotoraks, interstisyel sendrom, konsolidasyon ve efüzyonların ayırıcı tanısında kullanılır.
- *12 Bölge Protokolü:* Daha ayrıntılı tarama gerektiren durumlarda kullanılır. Her hemitoraks anterior, lateral ve posterior olarak üç bölgeye ayrılır; her bölgede superior ve inferior olmak üzere ikişer alt alan belirlenir. Toplamda 12 alan değerlendirilir. Bu protokol özellikle yaygın plevro-pulmoner tutulumun olduğu ARDS, COVID-19 pnömonisi gibi durumlarda daha yaygın kullanılır.

- *PLAPS Noktası*: Posterolateral alveoler ve/veya plevral sendromları saptamak için kullanılan bu özel nokta, posterior aksiller çizgi ile alt BLUE noktası hizasında belirlenir. Burada plevral efüzyonlar, bazal konsolidasyonlar, apse gibi derin parankimal patolojiler izlenebilir.

Şekil 2. 5 Akciğer USG Görüntüleme Bölgeleri



Bu yaklaşımlar, tarama sırasında olası varyasyonları azaltır, tanı süresini kısaltır ve hasta takibini objektif hâle getirir. Ayrıca eğitim sürecinde standardizasyon sağlar ve farklı hekimler arasında tanısal uyumun artmasına katkı sunar.

2.3.10 Normal Akciğerin Ultrasonografik Bulguları

Plevral Kayma (Lung Sliding) Belirtisi

Normal, sağlıklı bir akciğerde visseral ve parietal plevra yaprakları bir arada ve birbirine yapışıktır. Bu iki yapının solunumla senkronize olarak birbirleri üzerinde kayma hareketi yapması, B-mod ultrason görüntüsünde plevral çizgi üzerinde “karınca yürüyüşü” benzeri hiperekoik parlamalar şeklinde gözlenir ve bu fenomene “plevral kayma” veya “akciğer kayma işareti” adı verilir.(61)

Bu kayma hareketi, yüksek frekanslı lineer prob kullanıldığında daha net gözlemlenir ve hareket modunda da deniz kenarı işareti (seashore sign) şeklinde tanımlanabilir. Bu işarete, üstteki sabit dokular (cilt altı ve kostalar) yatay çizgiler (sahil); alttaki hareketli akciğer dokusu ise granüler görüntü (kum) olarak ayırt edilir.(62)

Plevral kayma bulgusu, akciğerin havalanabildiğini ve visseral plevranın parietal plevraya temas ettiğini gösterir. Bu bulgunun yokluğu aşağıdaki durumlarda patolojiyi işaret edebilir:

- Pnömotoraks (plevral boşlukta hava)
- Atelektazi
- Plörodezis
- Cilt altı amfizem
- Apne veya özofagus entübasyonu gibi havalanmanın bozulduğu klinik durumlar.

Renkli Doppler yardımıyla plevral kayma olup olmadığı da değerlendirilebilir. Eğer plevral çizginin altında renkli sinyal görülüyorsa, bu kayma hareketinin varlığını gösterir(Efremov et al., 2020) (Volpicelli et al., 2012)

A Çizgileri (Yankılanma Artefaktları)

A çizgileri; plevral çizgiden kaynaklanan, yatay olarak tekrarlanan ve hiperekoik görünüme sahip yankılanma (reverberasyon) artefaktlarıdır. Ultrason dalgaları, plevra

altındaki havalı akciğer nedeniyle geri yansır ve bu durum, görüntüde plevral çizgi ile aynı mesafelerde çoklu yatay çizgiler oluşmasına neden olur(61,62).

A çizgileri, genellikle normal havalanan akciğerde izlenir ve “A-profile” olarak tanımlanan bir görüntüde hem A çizgilerinin hem de akciğer kayma işaretinin birlikte görülmesi beklenir. Bu kombinasyon, düşük pulmoner arter oklüzyon basıncı (<18 mmHg) ile ilişkilidir ve FALLS protokolünde önemli bir parametredir. (53,62)

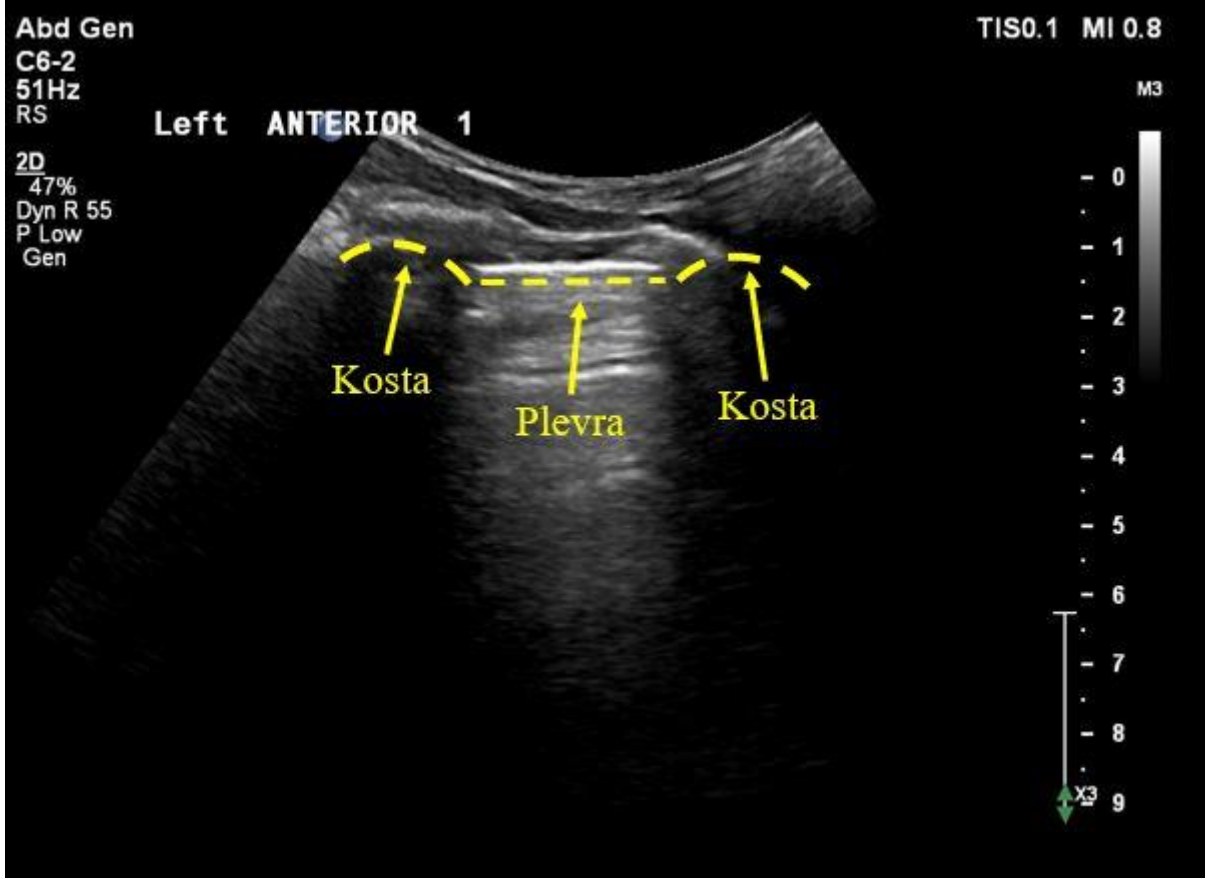
Bununla birlikte, yalnızca A çizgilerinin varlığı akciğerin havalandığını gösterse de akciğer kayma bulgusu ile birlikte olmaması durumunda pnömotoraks ayırıcı tanıya alınmalıdır. (62)

Deniz Kenarı İşareti(Seashore) ve Yarasa İşareti(Bat Sign) Görünümleri

M-modda plevral çizgi hizasında sabit yapıların oluşturduğu yatay çizgiler ve plevral çizgi altındaki hareketli yapının oluşturduğu granüler desen birlikte *deniz kenarı işareti (seashore sign)* olarak tanımlanır. Bu işaretin kaybı ve onun yerine homojen yatay çizgiler dizisinin görülmesi ise barkod işareti (barcode sign) olarak adlandırılır ve pnömotoraks göstergesidir.

Yarasa işareti(Bat sign) ise parlaklık modunda(B-mod) ultrasonografide, kostalar arasında yer alan hiperekoik plevral çizgi ve onun iki yanında gölge yapan kostalarla birlikte oluşan ve yarasa şekline benzeyen anatomik görüntüdür. Bu görüntüleme, doğru tarama düzleminin yakalandığını gösterir ve anatomik bir referans olarak kullanılır (53,63).

Şekil 2. 6 Yarasa İşareti (Bat Sign)



M-Modda Normal Hareket Paterni

M-mod uygulaması, zamana karşı hareketin incelendiği tek boyutlu bir görüntüleme biçimidir. Akciğer ultrasonografisinde bu teknik kullanıldığında:

- Hareketli yapıların oluşturduğu granüler desen (deniz görüntüsü),
- Hareketsiz yapıların ise yatay çizgiler oluşturduğu (kara/sahil görüntüsü) izlenir.

Bu görüntüleme, özellikle plevral kayma varlığını doğrulamak ve pnömotoraks tanısını koymak için önemlidir. Deniz kenarı işareti (Seashore sign) varlığı normal akciğer dokusunu gösterirken, barkod görüntüsü (barcode sign) ise plevral kaymanın olmadığı bulgudur.(53,56)

Tüm bu normal bulgular, akciğer ultrasonografisinin yatak başı kullanımında temel yapı taşlarını oluşturur. Özellikle akut solunum yetmezliği, travma, yoğun bakım izleminde pnömotoraks, atelektazi ve interstisyel sendromların hızlı tanısında bu işaretlerin doğru değerlendirilmesi tanısal doğruluğu büyük ölçüde artırır.

2.3.11 Patolojik Akciğer Bulgularının Sonografik Sınıflandırması

İnterstisyel Sendrom

Akciğer ultrasonografisinde interstisyel sendrom, akciğer interstisyumunun sıvı, fibrotik doku veya hücrel infiltrasyonla tutulduğu durumları temsil eder. Bu sendromun sonografik karşılığı, vertikal, hiperekoik ve hareketli artefaktlar olan B çizgilerinin tespitiyle konur. B çizgileri, plevral yüzeyden başlayarak ekrandaki alt kenara kadar uzanır, A çizgilerini siler ve solunumla senkronize olarak hareket eder. Akciğer kayma hareketiyle birlikte görüldüklerinde, tipik bir kuyruklu yıldız kuyruğu (comet tail) artefaktı görüntüsü sunarlar (60)

B çizgilerinin oluşum mekanizması, interlobüler septaların sıvı ya da fibrotik materyalle kalınlaşması sonucu, ultrason dalgalarının alveol-hava yüzeyinden yansıyamayıp yankı oluşturarak ilerlemesiyle açıklanır. Kardiyojenik pulmoner ödem, ARDS ve pulmoner fibrozis gibi durumlarda bu yapılar sık gözlenir. Özellikle 7 mm aralıkla dizilen çizgiler interlobüler septal kalınlaşmaya, 3 mm aralıkla yerleşen daha sık çizgiler ise alveoler tutuluşa işaret eder. Bu bulgular, göğüs radyografisinde sırasıyla Kerley B çizgileri ve buzlu cam opasiteleri ile koreledir (.Kruisselbrink et al., 2017; D. A. Lichtenstein & Mezière, 2008b).

İki kostalar arası üç veya daha fazla B çizgisi gözlenmesi o bölgeyi pozitif kılar. Eğer bilateral en az iki interkostal bölgede bu bulgular saptanıyorsa interstisyel sendrom tanısı konur (65). B çizgileri statik artefaktlarla karıştırılmamalıdır: Z çizgileri daha kısa, hiperekoik olmayan, A çizgilerini silmeyen ve statik artefaktlardır; E çizgileri ise yüzeysel tabakalardan kaynaklanıp yarasa işaretini bozan, amfizem gibi durumlarda görülen artefaktlardır (62)

Klinik anlamda interstisyel sendrom; kardiyojenik pulmoner ödem, non-kardiyojenik pulmoner ödem (ARDS), pulmoner fibrozis, interstisyel pnömoniler ve neoplastik infiltrasyon gibi birçok patoloji ile ilişkili olabilir. Kardiyojenik ödemde B çizgileri yerçekimine bağlı dağılım gösterir, plevral çizgi düzgündür, akciğer kayması korunur. ARDS'de ise B çizgileri daha düzensiz, yaygın, anterior subplevral konsolidasyonlarla birlikte görülür ve plevral çizgi sıklıkla bozulmuştur. Pulmoner fibroziste ise 7 mm aralıklı B çizgileri, düzensiz plevral hat ve eko-fakir subplevral alanlarla birlikte izlenir. (65,66)

Fokal multipl B çizgileri ise pnömoni, atelektazi, kontüzyon, enfarktüs gibi lokalize hastalıklarda karşımıza çıkar. Bu bulguların değerlendirilmesinde hasta pozisyonu

önemlidir; yerçekimi artefaktların dağılımını etkiler (65). Bu nedenle inceleme BLUE noktaları gibi standardize anatomik referans bölgelerinde yapılmalıdır. Akciğerin anterior ve lateral yüzeyi süperior-inferior olarak bölünerek sekiz bölge değerlendirilmesi önerilir; hızlı değerlendirmelerde ise iki ön alan yeterli olabilir, (64,65)

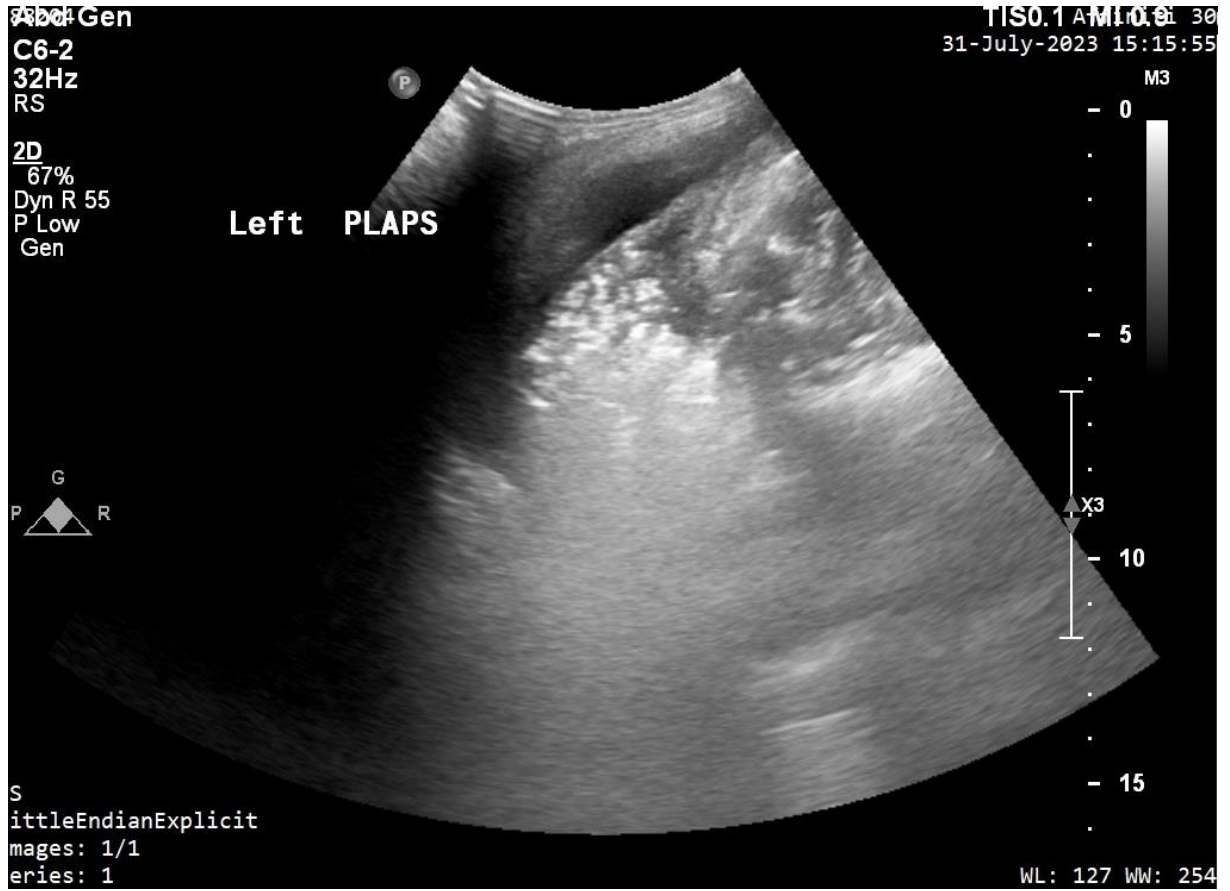
B çizgileri yalnızca kalitatif değil, kantitatif olarak da değerlendirilebilir. Transpulmoner termodilüsyonla ölçülen ekstravasküler akciğer sıvısı miktarı ile B çizgisi sayısı arasında korelasyon saptanmıştır (67). Dolayısıyla akciğer ultrasonu, sadece tanı koydurmakla kalmaz, sıvı yükü izlemi gibi dinamik klinik süreçlerde de kullanılabilir.

Alveolar Konsolidasyonlar

Alveolar konsolidasyon, akciğer parankiminde hava içeriğinin kaybı sonucu alveollerin sıvı, hücrel materyal veya fibrinle dolmasıyla ortaya çıkan, sonografide doku benzeri bir paternle tanımlanan bir sendromdur. Alveoller hava içermediğinde akciğer, karaciğer dokusuna benzer bir ekojenite kazanır ve bu görünüm hepatizasyon olarak adlandırılır (68). Konsolidasyonun nedenleri çok çeşitlidir ve klinik bağlam olmadan tek başına sonografik bulgularla ayırıcı tanı koymak genellikle mümkün değildir. (69,70)

Alveolar konsolidasyon paternine neden olan başlıca durumlar; pnömoni, atelektazi, pulmoner emboli, kontüzyon ve malign infiltrasyonlardır. (56,57) Bu nedenlerin her biri farklı sonografik nüanslar gösterebilse de hepsinde ortak olarak subplevral hipodens (hipoekoik) alanlar, hepatizasyon, hava bronkogramları ve parçalı (shred) işaretleri gözlemlenebilir.

Şekil 2. 7 Akciğer Ultrasonu Pnömoni Görüntüsü



Subplevral hipoekoik alanlar, plevraya ulaşan alveoler infiltratlarda görülürken; plevraya ulaşmayan lezyonlarda bu bulgu olmayabilir, bu da yalancı negatifliğe yol açabilir.(64,71) Bu nedenle akciğer USG’de her zaman lateral ve posterior alanların dikkatle değerlendirilmesi gerekir. Konsolidasyonun sonografik incelemesi için en uygun bölge, PLAPS noktasıdır. Bu alan, ikinci BLUE noktasının arka aksiller çizgi ile kesiştiği yerde konumlanır ve hem plevral efüzyonları hem de alveoler konsolidasyonu gösterebilir.(56,57)

Hepatizasyon, alveollerin sıvı veya hücreli materyalle dolması sonucu ses dalgalarının yayılımının kolaylaşmasıyla akciğerin karaciğer gibi görünmesi durumudur. Bu patern, özellikle grafide görünmeyen bazal konsolidasyonlarda tanı açısından son derece faydalıdır (72).

Hava bronkogramları, alveoler konsolidasyonun içindeki havalanan bronşların gösterdiği hiperekoik çizgisel ya da noktasal yapıların adıdır. İki tipi mevcuttur: dinamik bronkogramlar, solunumla senkronize hava kabarcığı hareketi gösterirken, statik bronkogramlar sabit ve hareketsizdir. Pnömonilerde sıklıkla dinamik, atelettazilerde ise

genellikle statik bronkogramlar görülür. (73,74) Bu ayırım etiyolojik sınıflamada önemli ipuçları sağlayabilir.

Parçalı görüntü (shred sign), konsolidasyon ile havalanan akciğer arasındaki geçiş hattında düzensiz, girintili çıkıntılı bir kontur olarak tanımlanır. Bu işaret, özellikle pnömoni kaynaklı konsolidasyonlarda sık görülür ve heterojen yapısıyla malignite gibi kitle lezyonlarından ayırt edilmesine katkı sağlar. (71,75)

Öte yandan, akciğer nabzı (lung pulse) bulgusu da alveoler sendrom bağlamında önem taşır. Hareket etmeyen akciğer dokusuna kalp atımının iletilmesiyle oluşan bu bulgu, özellikle atelektazi gibi ventilasyonun olmadığı durumlarda görülür. Sağlıklı akciğerde apne durumunda da gözlenebilir; bu nedenle tek başına tanı koydurucu değildir.

Alveolar konsolidasyon paternlerinin ayırt edilmesinde hasta pozisyonu, transdüser seçimi ve klinik korelasyon büyük önem taşır. Geniş konsolidasyonlar için düşük frekanslı konveks transdüserler tercih edilmelidir. İncelemeye olası patolojinin bulunduğu alandan başlamak, örneğin ağrı ya da oskültasyonla belirlenen bölgeden, tanısal verimliliği artırır (76).

Plevral Patolojiler

Plevra; viseral ve parietal olmak üzere iki yapraktan oluşan, akciğerin dış yüzeyini ve göğüs duvarını örten seröz bir membrandır. Bu yapının anatomik ve fonksiyonel bütünlüğü bozulduğunda, ultrasonografide tanımlanabilir çeşitli patolojik bulgular ortaya çıkar. Plevral patolojiler; genellikle kalınlaşma, plak oluşumu, adhezyon ve plevral yüzeyin normal hareketliliğinde bozulmalarla karakterizedir.

Plevral kalınlaşma, genellikle inflamatuvar süreçler, kronik plevral hastalıklar ya da enfeksiyonlar sonrası gelişir. Ultrasonografide plevral yüzeyde düzensizlik, hiperekojenite artışı ve plevral katmanlar arasında iz kalınlığında artış gözlenir. Özellikle diffüz parankimal akciğer hastalıklarında plevra çizgisi düzensiz, kalınlaşmış ve parçalanmış görünümde olabilir. (65,66). Bu bozulma, özellikle pulmoner fibrozis gibi kronik süreçlerde tipiktir ve tanıya katkı sağlar.

Plevral plaklar; asbest maruziyeti gibi durumlara sekonder gelişebilen, kalsifiye ya da non-kalsifiye sınırlı alanlarda gelişen fibrotik kalınlaşmalardır. USG ile subplevral alanda izlenen bu plak yapıları, genellikle hipoeoik zemin üzerinde hiperekoik, statik yapılar şeklinde görüntülenir. Kalsifikasyon varsa, arkasında akustik gölgelenme de oluşabilir.

Adhezyonlar ise visseral ve parietal plevra arasında gelişen fibröz bantlardır ve plevral boşlukta sıvının serbest dolaşımını engelleyerek lokülasyonlara neden olabilir. Bu yapılar renkli Doppler veya hareket analiziyle lokalize edilebilir. Ultrasonografide efüzyon varlığında sıvı içinde görülen sabit yapılar ya da sınırları düzensiz bölmeler adhezyon varlığını düşündürür (77).

Plevral hareket kısıtlılığı, plevral kalınlaşma ya da adhezyonların bir sonucu olarak gelişebilir. Normalde solunumla birlikte plevral yüzeyde izlenen “kayma hareketi”, bu patolojilerde azalır ya da kaybolur. Özellikle M-mod görüntülemeye hareket paternlerinin kaybı tanısal açıdan anlamlıdır. Ayrıca *perde işareti*'nin kaybı da bu durumlarda gözlenebilir; normalde inspirasyonla diyafram aşağı inerken akciğer artefaktları abdominal organları kapatır, ancak plevral patolojilerde bu dinamik kaybolur ve iç organlar görünür halde kalır (61).

Bunlara ek olarak, *omurga işareti (spine sign)*, normalde sadece diyaframın altında izlenebilen vertebra gölgelerinin, efüzyon ya da plevral sıvı varlığında üst alana iletilen ses dalgaları sayesinde diyaframın üstünde de görülmesidir. Bu işaret plevral kalınlaşma ya da efüzyonla birlikte tanısal değer taşır (61)

Plevral yüzeylerin incelenmesi, torasentez planlanan hastalarda da son derece önemlidir. Lokalize kalınlık artışı ya da adhezyon varlığında, sıvının drenajında zorluk yaşanabilir. Bu nedenle, yalnızca efüzyon hacmi değil, plevral yapıların bütünlüğü ve hareketliliği de değerlendirilmelidir.

Pnömotoraks

Pnömotoraks, viseral ve parietal plevra yaprakları arasına hava girmesi sonucu bu iki katmanın birbirinden ayrılmasıyla oluşan klinik bir durumdur. Tanı açısından akciğer ultrasonografisi (LUS), hem invazif olmayan hem de hızlı uygulanabilir bir yöntem olarak özellikle travmatik veya yoğun bakım hastalarında giderek artan sıklıkta kullanılmaktadır (78).

LUS'un pnömotoraks tanısındaki gücü, klasik radyografik yöntemlere kıyasla oldukça yüksektir. Örneğin, Oveland ve arkadaşlarının çalışmasında ultrasonografi ile sadece 50 mL'lik intraplevral hava %100 duyarlılıkla tespit edilebilirken, aynı miktar PA akciğer grafisinde ancak 500 mL'ye ulaştığında %67 oranında saptanabilmiştir (79). Bu, LUS'un erken dönemde küçük pnömotoraksları tanılamadaki üstünlüğünü ortaya koymaktadır.

Pnömotoraks tanısında ultrasonografik olarak beş temel işaret kullanılır:

1. Akciğer kayma işaretinin (lung sliding) olmaması
2. Akciğer noktası (lung point)
3. B çizgilerinin olmaması
4. Hareket modunda (M-mod) barkod (stratosfer) işareti
5. Akciğer nabzı (lung pulse)

Normalde, iki plevral katmanın birbirine yapışık olması nedeniyle B mod görüntülemeye solunumla birlikte plevra hattı üzerinde dinamik bir akciğer kayması (lung sliding) gözlenir. Ancak pnömotoraks durumunda, aradaki hava visseral ve parietal plevra arasındaki temasın kaybolmasına neden olur ve bu kayma hareketi ortadan kalkar(69,78)

Hareket modunda (M-mod) görüntülemeye normal akciğer hareketi “deniz-kenarı işareti” olarak tanımlanırken, pnömotoraksta bu hareketin kaybı, yatay çizgilerden oluşan “barkod (stratosfer) işareti” ile yer değiştirir.

En spesifik bulgulardan biri olan akciğer noktası (lung point), normal ve patolojik görüntünün sınırını temsil eder. Bu noktada, inspirasyonla birlikte kayma işareti gözlenmeye başlar. Akciğer noktası (Lung point) işaretinin saptanması, pnömotoraks için %100 özgüllüğe sahiptir ve özellikle radyolojik olarak görünmeyen küçük pnömotoraksların tanısında çok değerlidir(68,69).

Akciğer nabzı (lung pulse), hareket etmeyen akciğerde kalp atımlarının plevraya iletilmesi sonucu ortaya çıkar. Bu bulgu özellikle atelektazi gibi durumlarda saptanabilirken, pnömotoraksta genellikle gözlenmez. Bu da tanısal ayırımı yardımcı bir negatif bulgu olarak değerlidir (68).

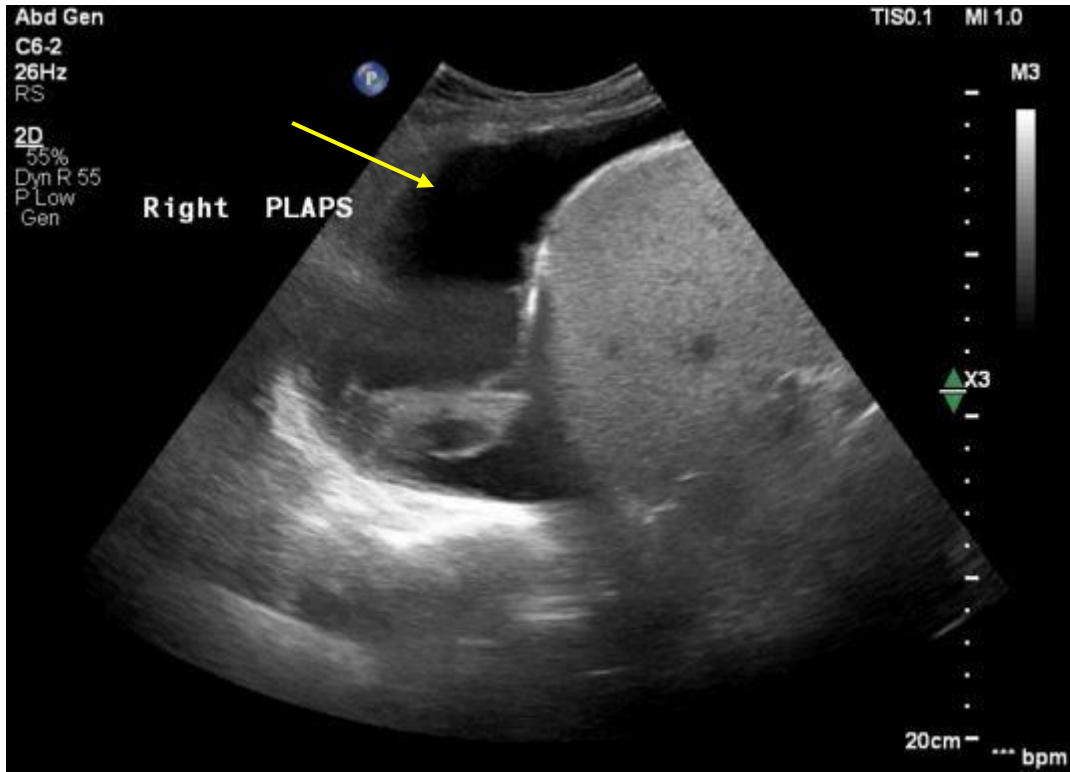
Ultrason probunun yerleştirileceği anatomik alanlar önemlidir. Pnömotoraks çoğunlukla anterior üst loblarda birikir; bu nedenle prob genellikle sternum kenarından laterale doğru anterior hemitoraks boyunca interkostal alanlarda gezdirilmelidir. Özellikle lineer yüksek frekanslı prob tercih edilmeli ve plevral yüzey net şekilde görüntülenmelidir (78). Subkütan amfizem gibi durumlar yalancı plevral kayma görüntüsü oluşturarak tanı koymayı güçleştirebilir (80)

Sonuç olarak, pnömotoraks tanısında LUS, yüksek duyarlılık ve özgüllükle; özellikle M-mod, dinamik gözlem ve anatomik işaretlerin birlikte değerlendirilmesiyle güvenilir ve hızlı sonuçlar sağlar. Bu özellikleriyle, özellikle kritik hasta yönetiminde ilk değerlendirme aracı olarak öne çıkar.

Plevral Efüzyonlar

Plevral efüzyon, visseral ve parietal plevra arasında anormal sıvı birikimini tanımlar. Yoğun bakım hastalarında özellikle sık karşılaşılan bu durum; enfeksiyonlar, konjestif kalp yetmezliği, maligniteler, pulmoner emboli ve postoperatif süreçler gibi çok sayıda klinik tabloyla ilişkili olabilir (81). Ultrasonografi hem tanı koydurucu hem de müdahale kılavuzu olarak plevral efüzyonların değerlendirilmesinde temel görüntüleme aracıdır.

Şekil 2. 8 Plevral Efüzyon



Plevral efüzyonlar anatomik olarak genellikle posterolateral kostofrenik sinüs bölgesinde, yerçekimine en bağımlı alanlarda birikir. İnceleme genellikle 3.5–5 MHz konveks prob ile, hastanın oturur ya da yarı oturur pozisyonda olduğu durumlarda yapılır. Prob, diyafragmanın posterior aksiller çizgi hizasında kostalar arasına yerleştirilir ve başa dönük olacak şekilde pozisyonlanır (65).

Ultrasonografide efüzyonlar genel olarak iki ana grupta sınıflandırılır:

- ***Basit (transüdatif)***: Anekoik, homojen sıvı görüntüsü sunar.
- ***Kompleks (eksüdatif)***: İçerisinde septasyonlar, ekojenite artışı, debris veya lokalize alanlar görülebilir.(Trezzi et al., 2013; Yang et al., 1992).

LUS, plevral efüzyonların tanısında oldukça duyarlıdır. Standart akciğer grafisinde saptanabilmesi için genellikle en az 200 mL sıvı gerekirken, LUS ile sadece 20 mL'lik efüzyon bile tanımlanabilir (84). Ayrıca, LUS sayesinde efüzyonların doğası hakkında da bilgi edinilebilir. Örneğin, homojen ekojenik sıvılar ampiyem ya da hemotoraks gibi durumları düşündürürken, çok sayıda septasyon içeren heterojen efüzyonlar genellikle enfeksiyöz kaynaklıdır (83).

Sinüzoidal işaret, M-mod görüntülemeye visseral plevranın inspirasyonla sıvı içerisinde hareket etmesini gösteren tipik bir bulgudur. Eğer bu hareket izlenmiyorsa, sıvı lokülasyonu, plevral kalınlaşma ya da yapışıklık gibi durumlar düşünülmelidir (51,65)

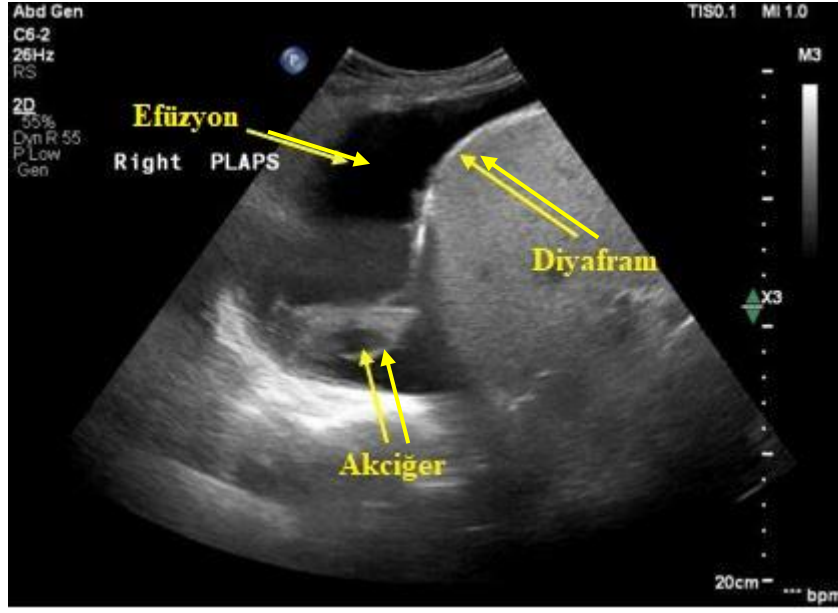
Dörtgen (Quad) işareti, plevral sıvının sınırlı bir alanda toplandığını gösterir. Bu görünüm; kostaların üst ve alt sınırları, parietal plevra ve akciğer yüzeyindeki visseral plevra ile belirlenen dört kenarlı bir alan şeklinde tanımlanır. Bu yapı özellikle PLAPS bölgesinde yapılan incelemelerde saptanabilir. (65,85).

Omurga işareti (Spine sign), normalde diyafram altında görülen vertebral gölgelerin, sıvının ses iletimini kolaylaştırmasıyla diyafram üstünde de izlenmesi durumudur. Bu bulgu, plevral efüzyonun varlığını destekleyen önemli bir sonografik işarettir (61).

Perde işaretinin (curtain sign) yokluğu, normalde inspirasyonla akciğerin abdominal organlar üzerine “perde” gibi hareket etmesiyle kaybolan görüntünün, efüzyon nedeniyle sabit kalmasıdır. Bu durum plevral sıvı varlığında abdominal organların sürekli görünür olmasıyla ayırt edilir (61).

Denizanası işareti (jellyfish sign), inspirasyonla birlikte sıvı içinde yer değiştiren akciğer dokusunun, adeta bir denizanası gibi hareket etmesiyle karakterizedir. Bu dinamik görüntü, plevral efüzyonun varlığını güçlü biçimde destekler.

Şekil 2. 9 Denizanası(Jellyfish) İşareti



Ultrasonografi, yalnızca tanı koymakla kalmaz, aynı zamanda torasentez ve drenaj gibi girişimlerin güvenli şekilde yapılmasına olanak tanır. Gerçek zamanlı ultrason eşliğinde yapılan girişimlerde komplikasyon oranı %1'in altına düşerken, oksijenlenmede anlamlı artış sağlandığı gösterilmiştir.

2.3.12 Klinik Uygulamada BLUE Protokolü

Dispneik Hastada Tanısal Algoritma

Akut dispne, yoğun bakım ünitelerinde sık karşılaşılan ve hızla tanı konulması gereken kritik klinik durumlardan biridir. Bu bağlamda geliştirilen BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency) protokolü, akciğer ultrasonografisinin yatak başı tanı koyma gücünü standardize eden, zaman açısından son derece verimli bir algoritmadır (56). Protokol, pulmoner ödem, pnömoni, pnömotoraks, pulmoner emboli, KOAH ve astım olmak üzere dispne nedenlerinin %97'sini oluşturan altı klinik durumu yaklaşık %90,5 doğrulukla ayırt edebilmektedir (56)

BLUE protokolünde değerlendirme, akciğer kayma hareketinin (lung sliding) varlığıyla başlar. Kayma hareketi mevcutsa, A veya B profili değerlendirilir. B profili (bilateral B çizgileri ve kayma hareketi) pulmoner ödem lehine yorumlanırken; A profili (bilateral A çizgileri ve kayma hareketi) varlığında pulmoner emboli olasılığı göz önünde bulundurulur ve derin ven trombozu için venöz ultrasonografi önerilir (56)(86). Kayma hareketi yoksa ve A çizgileri mevcutsa *A profili* olarak değerlendirilir ve akciğer noktası işareti (lung point) işareti araştırılarak pnömotoraks tanısı konulabilir (86). Eğer kayma

hareketi yok ve B çizgileri varsa (*B profili*), bu tablo genellikle pnömoniyle uyumludur. Öte yandan anterior bölgede A profili, ancak PLAPS noktasında konsolidasyon ya da plevral efüzyon saptanırsa, bu da pnömoniyi işaret eder (56).

Protokol Adımları ve Algoritmik Yorum

BLUE protokolü, akciğer yüzeyini belirli anatomik noktalar üzerinden sistematik şekilde değerlendirerek, yüksek tanısal hassasiyet sağlar. Lichtenstein, her hemitoraksta üç nokta tanımlamış ve bunları "BLUE noktaları" olarak adlandırmıştır: üst BLUE noktası, alt BLUE noktası ve PLAPS (Postero-Lateral Alveolar veya Plevral Sendrom) noktası. Bu noktalar hastanın gövdesine doktor eliyle yerleştirilen referanslara göre belirlenir ve böylece farklı vücut tiplerine göre standardizasyon sağlanır(62,87).

Üst ve alt BLUE noktaları anterior hemitoraksı temsil ederken, PLAPS noktası daha postero-lateral bölgededir. Her bir noktadan longitudinal ve transversal düzlemlerde tarama yapılır. Prob olarak genellikle 5 MHz mikro-konveks prob önerilir; bu prob hem yüzeysel hem de derin yapıları yeterli çözünürlükle gösterebilir (87).Lineer prob kayma hareketi için detaylı değerlendirmede; kardiyak ya da abdominal problemler ise PLAPS bölgesi gibi daha derin alanlarda tercih edilir (65,88).

Tarama sırasında akciğer hava-sıvı oranındaki değişikliklere bağlı olarak artefakt ya da gerçek görüntüler elde edilir. A çizgileri, normal akciğerin tekrarlayan yatay artefaktları iken, B çizgileri subplevral interstisyel sıvı birikimlerine işaret eder. Konsolidasyon ise hiperekoik paternin yerine, homojen doku benzeri (hepatizasyon) bir görünümle kendini gösterir (89)

Hızlı Karar Destek Sistemi Olarak BLUE Yaklaşımı

BLUE protokolü hem algoritmik yapısı hem de hız açısından son derece avantajlıdır. Ortalama 3 dakika içinde uygulanabilen bu protokol, transport gerektirmeyen, radyasyon içermeyen ve klinik karar sürecini doğrudan etkileyen bir araçtır. Özellikle pnömotoraks, pulmoner ödem ve pnömoni gibi durumlarda anterior akciğer yüzeyine odaklanarak hızlı ve etkili kararlar verilmesini sağlar(86).

Örneğin; anterior bölgede A profili saptandığında, venöz tromboz saptanması pulmoner emboli lehine yorumlanır. Anterior kayma hareketinin olmaması ve akciğer noktası işareti (lung point) gözlemi, pnömotoraksı güçlü şekilde destekler. PLAPS noktasında tespit edilen konsolidasyon ya da efüzyon, ön bölgelerde belirgin bulgu yoksa bile pnömoniyi tanımlamada yüksek değere sahiptir(56).

BLUE protokolü, ayrıca yoğun bakım ortamında entübe ve transportu riskli hastalarda tanı sürecini hızlandırır. BT gibi ileri görüntüleme yöntemlerine erişim kısıtlıysa veya hastanın transferi klinik risk oluşturuyorsa, yatak başında uygulanabilirliği sayesinde benzersiz bir tanı desteği sunar(90).

BLUE protokolü yalnızca bir görüntüleme algoritması değil, aynı zamanda hekim-karar destek aracı olarak da işlev görür. Uygun teknik donanım, sistematik yaklaşım ve eğitimle birleştiğinde, dispneli hastanın değerlendirilmesinde kritik rol oynar.

3.MATERYAL METOT

3.1 Etik Kurul Onayı ve Yazılı Onam Alınması

Çalışmamız Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nda gözlemsel bir çalışma olarak tasarlandı. Helsinki Deklarasyonu'nda belirtilen ilkelere uygun olarak gerçekleştirildi. Fakülte Etik Kurul Onayı (2023/4562 sayılı karar), Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Kurumu'nun 06.10.2023 tarihli onayı ve çalışmaya katılan tüm hastaların kendisinin veya yakınlarının yazılı onamı alınarak gerçekleştirildi.

3.2 Hasta Seçimi ve Dahil Edilme Kriterleri

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde Kasım 2023-Mayıs 2025 tarihleri arasında ameliyat olan ve/veya sonrasında yoğun bakım ihtiyacı olup Anesteziyoloji ve Reanimasyon Yoğun Bakım Kliniği'nde takip edilen, yazılı ve sözlü bilgilendirilmiş onamı alınmış, yaşları 65 ve daha büyük olan ASA II-IV gruplarından 104 hasta çalışmaya dahil edildi.

3.3 Dışlama Kriterleri

Çalışmaya katılmak istemeyen hastalar, preoperatif dönemde mekanik ventilasyon desteği alan hastalar, bilinen diyafram paralizisi veya frenik sinir hasarı bulunan hastalar, öncesinde torakoabdominal cerrahi geçirmiş hastalar (diyafram fonksiyonunu etkileyebilecek operasyonlar), doğumsal akciğer patolojisi olan hastalar, amniyotrofik lateral skleroz (ALS), myastenia gravis vb. nöromusküler hastalığı olan bireyler, ultrasonografi ile yeterli kalitede diyafram görüntüsü elde edilemeyen hastalar, bilinç bozukluğu, ajitasyonu bulunan veya diğer durumlar nedeniyle ölçüm sırasında kooperasyon sağlayamayan hastalar, 65 yaş altında olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

3.4 Yöntem

3.4.1 Çalışma Tasarımı ve Etik Onay

Bu prospektif gözlemsel çalışma, ortopedi ve travmatoloji kliniğinde kemik fraktürü nedeniyle hastaneye yatırılan geriatrik hasta popülasyonu üzerinde yürütülmüştür. Araştırma, etik kurul onayı alınarak gerçekleştirilmiş olup, çalışmaya katılan tüm hastalardan yazılı ve sözlü aydınlatılmış onam temin edilmiştir.

3.4.2 Katılımcıların Seçimi ve Klinik Özellikler

Çalışma kapsamında değerlendirilen hastalar, preoperatif dönemde incelenmiştir. Katılımcıların demografik özellikleri (yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, boy uzunluğu), mevcut

tanılı hastalıkları, geçirilmiş cerrahiler ve sigara kullanım öyküsü kayıt altına alınmıştır. Bununla birlikte, fiziksel zayıflık düzeyini belirlemek amacıyla FRAİL indeksi uygulanmıştır. FRAİL indeksi (Kırılgenlik indeksi), özellikle yaşlı bireylerde fiziksel, bilişsel ve sosyal rezervlerin azalmasını değerlendirerek sağlık durumundaki kırılgenliği (frailty) ölçen bir ölçektir. Kırılgenlik, yaşlı bireylerin stres etkenlerine karşı daha hassas hale gelmesi ve olumsuz sonuçlara (düşme, hastaneye yatış, ölüm) daha yatkın olması durumu olarak tanımlanır. FRAİL indeksini belirlemek için '*FRAİL kırılgenlik anketi*' ve '*Klinik Kırılgenlik Skalası (CFS)*' kullanıldı.

Ayrıca el dinamometresi ile kavrama gücü değerlendirilerek kas gücü ölçümü yapılmıştır. El dinamometresi ile yapılan kas gücü ölçümü, bireyin el kavrama kuvvetini (grip strength) ölçerek kas fonksiyonu hakkında bilgi veren basit, güvenilir ve yaygın bir yöntemdir. Bu ölçüm, özellikle yaşlı bireylerde sarkopeni, kırılgenlik (frailty) ve genel fiziksel performans değerlendirmesinde kullanılır. Dinamometreyle; tek elde elin parmakları ve avuç içi arasındaki maksimum izometrik kavrama kuvveti '*kilogram (kg)*' cinsinden ölçüldü.

3.4.3 Ultrasonografik Değerlendirme Yöntemi

3.4.3.1 Görüntüleme Zamanlaması ve Pozisyonlama

Ultrasonografik görüntülemeler, operasyon öncesi dönemde hastalar sırtüstü (supin) pozisyonda iken gerçekleştirilmiştir. Postoperatif dönemde yoğun bakım gereksinimi gelişen ve Reanimasyon Kliniği'ne yatırılan hastalarda ise aynı protokole uygun şekilde ikinci bir ultrasonografik değerlendirme yapılmıştır.

3.4.3.2 Kullanılan Cihazlar ve Problar

Görüntülemelerde **konveks prob (C6-2 MHz)** ile diyafram yer değiştirmesi(excursion) ve **lineer prob (L12-4 MHz)** ile diyafram kalınlaşması ve diyafram kalınlaşma fraksiyonu (DTF) ölçümleri yapıldı. Bu sayede hem yüzeysel hem de derin anatomik yapılar optimal şekilde değerlendirildi.

3.4.3.3 Akciğer Ultrasonografi Protokolü

Her iki hemitoraks, anterior ve lateral (PLAPS) olmak üzere iki anatomik bölgede incelenmiş; toplamda 4 anatomik alan ve PLAPS bölgeleri taranmıştır. Görüntülenen bölgelerde A ve B çizgileri, konsolidasyon paternleri ve plevral efüzyon varlığı göz önünde bulundurulmuştur. Özellikle PLAPS (posterolateral alveolar ve/veya plevral sendrom) noktası BLUE protokolü çerçevesinde incelenmiştir. Efüzyon ve konsolidasyon tespitinde taraf (sağ/sol) ve lokalizasyon ayrıca kaydedilmiştir.

3.4.3.4 Diyafragma Ultrasonografi Protokolü

Diyafram değerlendirmeleri sağ hemitoraksta subkostal pencere kullanılarak yapılmıştır. Hastalar spontan solunum yaparken lineer proba diyafram kalınlığı; inspirasyon ve ekspirasyon fazlarında ölçülmüş, elde edilen değerlerle *diyafram kalınlaşma fraksiyonu* hesaplanmıştır. Ayrıca konveks proba *diyafram yer değiştirmesi* hareket moduyla (M-mod) ile kaydedilmiştir.

3.4.3.5 Görüntülerin Değerlendirilmesi

Preoperatif olarak elde edilen tüm ultrasonografik görüntüler, akciğer ve diyafram USG, dijital ortamda kaydedilmiştir. Değerlendirme kapsamında diyafram kalınlaşma fraksiyonu, diyafram yer değiştirmesi not alınmış; plevral efüzyon, pnömoni, atelektazi ve pnömotoraks gibi komplikasyonlara özel dikkat gösterilmiştir.

3.4.3.6 Anestezi Uygulamaları ve İzlem Süreci

Tüm hastaların intraoperatif dönemde uygulanan anestezi tipi (rejyonel veya genel), verilen sıvılar ve kan ürünleri, intraoperatif ventilasyon parametreleri, intraoperatif komplikasyonlar kayıt altına alınmıştır. Ayrıca postoperatif dönemde gelişen solunumsal ve sistemik komplikasyonlar, hastaların yoğun bakıma gitme nedenleri, yoğun bakım ve servis yatış süreleri, toplam hastanede kalış süresi ile 28 günlük morbidite ve mortalite verileri de izlenmiştir.

3.4.3.7 Ek Klinik Veriler

Preoperatif değerlendirmeye ek olarak; hastaların yaşları, ASA skorları, vücut kitle indeksi (VKI), arteriyel tansiyon değerleri ve eşlik eden hastalıkları da kaydedilmiştir. Tüm veriler, postoperatif pulmoner komplikasyonlarla ilişkili parametrelerin değerlendirilmesi amacıyla dijital veri tabanına girilerek ileri istatistiksel analizler için saklanmıştır.

3.4.4 İstatistiksel Analiz

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizleri IBM SPSS Statistics 29 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin dağılım özellikleri Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile birlikte histogram ve olasılık grafikleri (probability plots) gibi görsel yöntemlerle incelenmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenler için tanımlayıcı istatistikler olarak ortalama ve standart sapma, normal dağılmayan sürekli değişkenler ile ordinal veriler için ise medyan ve minimum–maksimum değerler raporlanmıştır.

Gruplar arası karşılaştırmalarda verinin yapısına göre farklı testler kullanılmıştır. Kategorik değişkenlerin analizi için Ki-kare testi uygulanırken, normal dağılım gösteren iki grup karşılaştırmalarında Student t-testi, parametrik olmayan veriler için ise Mann–Whitney U testi tercih edilmiştir. Bağımlı gruplarda parametrik olmayan değişkenlerin karşılaştırılması için Wilcoxon testi ve çoklu karşılaştırmalar için Friedman testi kullanılmış; gerektiğinde Bonferroni düzeltmesi yapılmıştır. Ayrıca, tanısal performansın değerlendirilmesi amacıyla ROC analizi gerçekleştirilmiş, eğri altındaki alan (AUC), kesme noktaları, duyarlılık ve özgüllük değerleri hesaplanmıştır. Postoperatif yoğun bakım ihtiyacını öngören faktörleri belirlemek amacıyla ikili lojistik regresyon analizi yapılmış ve anlamlı değişkenlerin odds ratio (OR) değerleri %95 güven aralığı ile birlikte raporlanmıştır. Tüm analizlerde $p < 0,05$ değeri istatistiksel anlamlılık sınırı olarak kabul edilmiştir. ROC eğrisi altında kalan alan (*AUC – Area Under the Curve*), değişkenin ayırt edicilik gücünü ortaya koymak amacıyla yorumlanmıştır. Bu kapsamda:

- **0,90 – 1,00** arası AUC değeri: **Mükemmel ayırt edicilik,**
- **0,80 – 0,90** arası AUC değeri: **İyi,**
- **0,70 – 0,80** arası AUC değeri: **Orta düzey,**
- **0,60 – 0,70** arası AUC değeri: **Zayıf,**
- **0,50 – 0,60** arası AUC değeri: **Yetersiz (başarısız)** ayırt edicilik olarak kabul edilmiştir.

Tüm istatistiksel analizlerde $p < 0,05$ değeri anlamlılık sınırı olarak değerlendirilmiştir.

AUC (Area Under Curve)	Tanısal Yorum
0,90 – 1,00	Mükemmel ayırt edicilik
0,80 – 0,90	İyi düzeyde ayırt edicilik
0,70 – 0,80	Orta düzeyde ayırt edicilik
0,60 – 0,70	Zayıf ayırt edicilik
0,50 – 0,60	Başarısız / Yetersiz ayırt edicilik

4.BULGULAR

Bu çalışmaya Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde ortopedik ameliyat geçiren 104 hasta dahil edildi. Toplam 128 hasta çalışmaya alındı, bunlardan 104'ü analiz için çalışmaya dahil edildi. On (10) hasta alınan görüntülerin yetersiz/eksik olması nedeniyle, sekiz (8) hasta bilişsel fonksiyonlarındaki yetersizlik nedeniyle FRAİL sorgusu ve dinamometre muayenesi yapılamadığı için, sekiz (6) hasta ise ameliyatları iptal edildiği için analize dahil edilmedi.

Çalışmaya dahil edilen hastaların ortalama yaşı 74 ± 7 yıl, medyan yaşı ise 72 (62–94) yıl olarak saptandı. Boy ve kilo ortalamaları sırasıyla $165,29 \pm 7,90$ cm ve $77,35 \pm 7,90$ kg iken, vücut kitle indeksi ortalaması $28,44 \pm 3,53$ kg/m² olarak bulundu. ASA skoru ortalama $2,87 \pm 0,44$ olup, medyan değeri 3,00 (2,00–4,00) idi. Hastaların serviste yatış süresi ortalama 5 ± 2 gün, yoğun bakım ünitesinde yatış süresi ise ortalama 0 ± 1 gün olarak bulundu. Preoperatif sistolik ve diyastolik tansiyon değerleri sırasıyla $132,93 \pm 14,69$ mmHg ve $79,66 \pm 9,79$ mmHg idi. Preoperatif kreatinin ve hemoglobin değerleri ortalama olarak $1,00 \pm 0,31$ mg/dL ve $11,73 \pm 1,72$ g/dL olarak ölçüldü. Sigara kullanım ortalaması $15,43 \pm 19,22$ paket/yıl olup, medyan değeri 0,00 (0,00–60,00) idi.

Hastaların preoperatif sistolik tansiyon değeri ortalaması 132.93 ± 14.69 , preoperatif diyastolik tansiyon değeri ortalaması 79.66 ± 9.79 , preoperatif kreatinin değeri ortalaması 1.00 ± 0.31 , preoperatif hemoglobin değeri ortalaması 11.73 ± 1.72 , sigara kullanım ortalaması 15.43 ± 19.22 , klinik kırılgenlik (frajilite) indeksi ortalaması 4 ± 1 , FRAİL ortalaması 0 ± 1 , el kavrama gücü ortalaması 10 ± 6 , diyafragma kalınlaşma fraksiyonu ortalaması $47,02 \pm 10,89$, preoperatif diyafram yer değiştirmesi ortalaması $5,01 \pm 1,02$ olarak tespit edildi.

Tablo 4. 1 Hastaların Cerrahi Öncesi Demografik, Preoperatif Verileri ve Ek Hastalıkları

	Ortalama \pm SS	Ortanca (Min-Max)
Yaş (yıl)	74 \pm 7	72 (62-94)
Boy (cm)	165.29 \pm 7.90	163.50 (150.00-185.00)
Kilo (kg)	77.35 \pm 7.90	77.00 (54.00-98.00)
VKİ (kg/m²)	28.44 \pm 3.53	27.73 (19.83-40.00)
ASA	2.87 \pm 0.44	3.00 (2.00-4.00)
Serviste Yatış süresi (gün)	5 \pm 2	5 (2-15)
YBÜ'de Yatış Süresi (gün)	0 \pm 1	0 (0-6)
Preoperatif Sistolik Tansiyon (mmHg)	132.93 \pm 14.69	130.00 (100.00-160.00)
Preoperatif Diastolik Tansiyon (mmHg)	79.66 \pm 9.79	80.00 (50.00-100.00)
Preoperatif Kreatinin (mg/dL)	1.00 \pm 0.31	0.96 (0.46-2.25)
Preoperatif Hemoglobin (g/dL)	11.73 \pm 1.72	11.90 (6.40-15.80)
Sigara Kullanımı (paket/yıl)	15.43 \pm 19.22	0.00 (0.00-60.00)

Hastaların klinik kırılgnlık (frailite) indeksi ortalaması 4 \pm 1, medyanı ise 4 (1–7) olarak bulundu. Preoperatif FRAIL skoru ortalama 0 \pm 1, medyan değeri 0 (0–3) idi. El kavrama gücü ortalaması 10 \pm 6 kg, medyan değeri ise 10 (0–30) kg olarak ölçüldü. İntraoperatif dönemde verilen sıvı miktarı ortalama 1390,38 \pm 344,03 ml, kanama miktarı 291,44 \pm 214,16 ml ve verilen eritrosit süspansiyonu (ES-TDP) miktarı 174,04 \pm 250,05 ml idi. Medyan değerler sırasıyla 1400 (600–2500) ml, 200 (50–1500) ml ve 0 (0–800) ml olarak kaydedildi. Yoğun bakım kabulündeki Glasgow Koma Skoru (GKS) ortalaması 13,75

$\pm 1,21$, medyan değeri 13,50 (11–15); APACHE II skoru ortalaması $16,70 \pm 2,94$, medyan değeri 17 (12–22); SOFA skoru ortalaması ise $2,70 \pm 1,38$, medyan değeri 2 (1–6) idi.

Tablo 4. 2 FRAIL, Klinik Kırılgnlık İndeksi, İntraoperatif Veriler ve YBÜ Skorlamaları

	Ortalama \pm SS	Ortanca (Min-Max)
Klinik Kırılgnlık (Frajilite) İndeksi	4 \pm 1	4 (1-7)
Preoperatif FRAİL	0 \pm 1	0 (0-3)
El Kavrama Gücü (kg)	10 \pm 6	10 (0-30)
İntraoperatif Verilen Sıvı (ml)	1390.38 \pm 344.03	1400 (600-2500)
İntraoperatif Kanama (ml)	291.44 \pm 214.16	200 (50-1500)
İntraoperatif Verilen ES-TDP (ml)	174.04 \pm 250.05	0 (0-800)
GKS	13.75 \pm 1.21	13.50 (11-15)
APACHE II	16.70 \pm 2.94	17 (12-22)
SOFA	2.70 \pm 1.38	2 (1-6)

Hastaların preoperatif diyafram ultrasonografisi ile değerlendirilen parametrelerinden inspiriyum sonu diyafram kalınlığı ortalama $3,24 \pm 0,16$ cm, medyan değeri 3,26 cm (2,20–3,80) idi. Ekspiryum sonu diyafram kalınlığı ortalaması $2,24 \pm 0,23$ cm, medyanı ise 2,20 cm (1,90–3,25) olarak ölçüldü.

Diyafram kalınlaşma fraksiyonu ortalama $\%46,96 \pm 10,48$, medyan $\%44,61$ (26,00–71,25) iken; diyafram yer değiştirme (excursion) değeri ortalama $4,99 \pm 1,02$ cm, medyan 4,90 cm (2,40–8,60) olarak bulundu.

Tablo 4. 3 Preoperatif diyafram ultrasonografisi değerleri

	Ortalama \pm SS	Ortanca (Min-Max)
Preoperatif İnspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı (cm)	3.24 \pm 0.16	3.26 (2.20-3.80)
Preoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı (cm)	2.24 \pm 0.23	2.20 (1.90-3.25)
Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu (cm)	46.96 \pm 10.48	44.61 (26.00-71.25)
Preoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi (cm)	4.99 \pm 1.02	4.90 (2.40-8.60)

Hastaların ASA sınıflamasına göre dağılımı incelendiğinde; %78,8'inin ASA 3 (n=82), %17,3'ünün ASA 2 (n=18) ve %3,8'inin ASA 4 (n=4) düzeyinde olduğu görüldü.

Tablo 4. 4 Hastaların ASA Skorlamaları

	n	%	
ASA	2.00	18	17.3%
	3.00	82	78.8%
	4.00	4	3.8%

Hastaların ek hastalıkları dağılımı Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4. 5 Hastaların Ek Hastalık Dağılımı

Hastaların Ek Hastalık Dağılımı	Yok (n, %)	Var (n, %)
Hipertansiyon	29 (27.9)	75 (72.1)
Diabetes Mellitus	68 (65.4)	36 (34.6)
Kalp Yetmezliği	94 (90.4)	10 (9.6)

Hastaların Ek Hastalık Dağılımı	Yok (n, %)	Var (n, %)
Akciğer Patolojileri	80 (76.9)	24 (23.1)
Malignite	98 (94.2)	6 (5.8)
Serebrovasküler Olay	88 (84.6)	16 (15.4)
Kardiyovasküler Patolojiler	62 (59.6)	42 (40.4)
Diğer	66 (63.5)	38 (36.5)

Tablo 4. 6 Postoperatif Yoğun Bakıma Yatırılan Hastalarda Preoperatif ve Postoperatif Diyafram Parametrelerinin Karşılaştırılması

	p değeri
Preoperatif ve Postoperatif İnciriyum Sonu Diyafram Kalınlığı	<.001
Preoperatif ve Postoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	<.001
Preoperatif ve Postoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	<.001
Preoperatif ve Postoperatif Diyafram Yer Değişirmesi	<.001

Preoperatif ve postoperatif dönemde yapılan karşılaştırmalarda, inciriyum ve ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirmesi parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır (tüm p <.001). İncelenen tüm parametrelerde postoperatif dönemde **azalma eğilimi gözlenmiş** olup, bu durum diyafram fonksiyonlarında belirgin bir bozulmaya işaret etmektedir.

Tablo 4. 7 Preoperatif Diyafram Ölçümleri

	Ortanca (Min-Max)
Preoperatif Inspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	3.32 (2.20–3.50)
Preoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	2.50 (2.10–3.25)
Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	39.10 (26.00–47.60)
Preoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi	4.10 (2.40–4.50)
Postoperatif Inspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	2.54 (2.20–2.76)
Postoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	1.90 (1.80–2.00)
Postoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	32.60 (15.60–42.00)
Postoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi	3.00 (1.60–4.20)

Hastaların Klinik Kırılgnlık (Frajility) İndeksi dağılımı tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4. 8 Hastaların Klinik Kırılgnlık (Frajility) İndeksi dağılımı

		Postoperatif Yoğun Bakım Yatışı			
		Yok		Var	
		n	%	n	%
Klinik Kırılgnlık (Frajility) İndeksi	Çok Dinç	1	1.2%	0	0.0%
	Dinç	19	22.6%	0	0.0%
	İyi Yönetebilen	26	31.0%	1	5.0%
	Çok Hafif Kırılgnlıkla Yaşayan	18	21.4%	7	35.0%
	Kırılgnlıkla Yaşayan	12	14.3%	8	40.0%
	Orta Kırılgnlıkla Yaşayan	7	8.3%	3	15.0%

	Şiddetli Kırılgnlıkla Yaşayan	1	1.2%	1	5.0%
	Çok Şiddetli Kırılgnlıkla Yaşayan	0	0.0%	0	0.0%
	Terminal Hasta	0	0.0%	0	0.0%

Hastaların Postoperatif komplikasyon gelişip gelişmeme durumuna göre Klinik Kırılgnlık İndeksi dağılımı Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4. 9 Klinik Kırılgnlık İndeksi ve Postoperatif Pulmoner Komplikasyon İlişkisi

		Postoperatif Pulmoner Komplikasyon Gelişti Mi?			
		Hayır		Evet	
		n	%	n	%
Klinik Kırılgnlık (Frajility) İndeksi	Çok Dinç	1	1.2%	0	0.0%
	Dinç	19	22.1%	0	0.0%
	İyi Yönetebilen	26	30.2%	1	5.6%
	Çok Hafif Kırılgnlıkla Yaşayan	19	22.1%	6	33.3%
	Kırılgnlıkla Yaşayan	13	15.1%	7	38.9%
	Orta Kırılgnlıkla Yaşayan	7	8.1%	3	16.7%
	Şiddetli Kırılgnlıkla Yaşayan	1	1.2%	1	5.6%
	Çok Şiddetli Kırılgnlıkla Yaşayan	0	0.0%	0	0.0%
	Terminal Hasta	0	0.0%	0	0.0%

Hastaların FRAIL anketi skorlamasına göre dağılımı Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4. 10 Hastaların FRAIL anketi dağılımı

		Postoperatif Yoğun Bakım Yatışı			
		Yok		Var	
		n	%	n	%
Preoperatif FRAIL Değerlendirmesi	0	58	69.0%	7	35.0%
	1	21	25.0%	8	40.0%
	2	5	6.0%	4	20.0%
	3	0	0.0%	1	5.0%

Hastaların ‘el kavrama gücü(kg)’ dağılımı Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4. 11 Hastaların El Kavrama Gücü Dağılımı

		Yoğun Bakım Yatışı			
		Yok		Yok	
		n	%	n	%
El Kavrama Gücü (kg)	0	0	0.0%	1	5.0%
	2	2	2.4%	1	5.0%
	3	3	3.6%	4	20.0%
	5	17	20.2%	10	50.0%
	6	1	1.2%	3	15.0%
	7	3	3.6%	0	0.0%

	8	2	2.4%	0	0.0%
	10	24	28.6%	0	0.0%
	11	1	1.2%	0	0.0%
	12	5	6.0%	1	5.0%
	15	11	13.1%	0	0.0%
	20	10	11.9%	0	0.0%
	22	1	1.2%	0	0.0%
	25	3	3.6%	0	0.0%
	30	1	1.2%	0	0.0%

El kavrama gücü ve postoperatif komplikasyon gelişmesi arasındaki ilişki Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4. 12 El Kavrama Gücü ve Postoperatif Komplikasyon İlişkisi

		Postoperatif Komplikasyon Gelişti mi?			
		Hayır		Evet	
		n	%	n	%
El Kavrama Gücü (kg)	0	0	0.0%	1	5.6%
	2	2	2.3%	1	5.6%
	3	3	3.5%	4	22.2%
	5	17	19.8%	10	55.6%
	6	2	2.3%	2	11.1%
	7	3	3.5%	0	0.0%
	8	2	2.3%	0	0.0%
	10	24	27.9%	0	0.0%

	11	1	1.2%	0	0.0%
	12	6	7.0%	0	0.0%
	15	11	12.8%	0	0.0%
	20	10	11.6%	0	0.0%
	22	1	1.2%	0	0.0%
	25	3	3.5%	0	0.0%
	30	1	1.2%	0	0.0%

Preoperatif Akciğer ultrasonografisinde patoloji saptanması ile postoperatif komplikasyon gelişimi arasındaki ilişki Tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4. 13 Preoperatif Akciğer Ultrasonu Patolojileri ve Postoperatif Komplikasyon İlişkisi

		Postoperatif Komplikasyon Gelişti Mi?				p Değeri
		Hayır		Evet		
		n	%	n	%	
Preoperatif Pulmoner Patolojisi	Yok	65	75.6%	15	83.3%	0.557
	Var	21	24.4%	3	16.7%	

* Fisher Exact Ki-Kare Testi kullanıldı.

Preoperatif akciğer patolojisi varlığı ile postoperatif komplikasyon gelişimi arasındaki ilişki **Fisher's Exact Test** ile analiz edildi. Test sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p = 0.557$).

Tablo 4. 14 Preoperatif akciğer patolojisi varlığı ile postoperatif komplikasyon gelişimi arasındaki ilişki

		Postoperatif Komplikasyon Gelişti Mi?				p Değeri
		Hayır		Evet		
		N	%	N	%	
Postoperatif yoğun bakım yatışı olmuş mu?	Hayır	84	97.7%	0	0.0%	1.000
	Evet	2	2.3%	18	100.0%	

Fisher Exact Ki-Kare Testi kullanıldı.

Preoperatif akciğer patolojisi olan ve olmayan hastalar arasında postoperatif yoğun bakım ünitesi (YBÜ) yatışı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı (**Fisher's Exact Test**, $p = 1.000$).

Tablo 4. 15 Preoperatif akciğer patolojisi olan ve olmayan hastalar arasında postoperatif yoğun bakım ünitesi (YBÜ) yatışı arasındaki ilişki

		n	%
Postoperatif YBÜ Gitme Nedeni	Postoperatif Yoğun Bakıma Gitmemiş	84	80.8%
	Intraoperatif Satürasyon Düşmesi	7	6.7%
	Çok Kanama Olması	4	3.8%
	Uzun Sürmesi	3	2.9%
	Bilinç Bulanıklığı/Düşkün Hasta	6	5.8%
Postoperatif Yoğun Bakım Ünitesine Giden	Yok	2	10.0%
	Atelektazi	9	45.0%

Hastalarda Postoperatif Pulmoner Gelişen Patoloji (n=20)	Pnömoni	4	20.0%
	Efüzyon	5	25.0%

Çalışmaya dahil edilen hastaların %80,8'i postoperatif dönemde yoğun bakıma gitmeden takip edilmiş olup, %19,2'si çeşitli nedenlerle yoğun bakıma alınmıştır. Yoğun bakıma gitme nedenleri arasında en sık sebep intraoperatif saturasyon düşmesi (%6,7) iken, bunu bilinç bulanıklığı/düşkün hasta olma durumu (%5,8), aşırı kanama (%3,8) ve operasyon süresinin uzunluğu (%2,9) takip etmiştir.

Yoğun bakıma alınan 20 hastanın %90'ında postoperatif pulmoner patoloji gelişmiş olup, en sık görülen bulgu atelektazi (%45) iken, bunu efüzyon (%25) ve pnömoni (%20) takip etmiştir. Sadece 2 hastada (%10) postoperatif pulmoner komplikasyon izlenmemiştir. Bu veriler, yoğun bakıma alınan hastalarda pulmoner komplikasyon görülme oranının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. 16 FRAIL, Klinik Kırılganlık İndeksi, El kavrama Gücü, DTF ve Diyafram Yer Değiştirmesi'nin Birbiri ile İlişkisi

		Klinik Kırılganlık (Frajility) İndeksi	FRAIL	El Kavrama Gücü	Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	Preoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi
Klinik Kırılganlık (Frajility) İndeksi	r	1.000	.551**	-.694**	-.376**	-.307**
	p	.	.000	.000	.000	.002
FRAIL	r	.551**	1.000	-.517**	-.265**	-.220*
	p	.000	.	.000	.007	.025
El Kavrama Gücü	r	-.694**	-.517**	1.000	.366**	.357**
	p	.000	.000	.	.000	.000
	r	-.376**	-.265**	.366**	1.000	.281**

Preoperatif Diyafam Kalınlaşma Fraksiyonu	p	.000	.007	.000	.	.004
Preoperatif Diyafam Yer Değişirmesi	r	-.307**	-.220*	.357**	.281**	1.000
	p	.002	.025	.000	.004	.

r: Correlation Coefficient

Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre, klinik kırılgnlık indeksi ile FRAIL skoru arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı ($r=0,551$; $p<0,001$) orta düzeyde bir ilişki saptanmıştır. Klinik kırılgnlık indeksi, el kavrama gücüyle negatif yönlü ve güçlü düzeyde anlamlı korelasyon göstermektedir ($r=-0,694$; $p<0,001$). Benzer şekilde, FRAIL skoru ile el kavrama gücü arasında da negatif yönlü ve anlamlı ilişki bulunmuştur ($r=-0,517$; $p<0,001$). Klinik kırılgnlık indeksi, preoperatif diyafram kalınlaşma fraksiyonu ($r=-0,376$; $p<0,001$) ve diyafram yer değişirmesi ($r=-0,307$; $p=0,002$) ile istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyon göstermiştir. FRAIL skoru ile bu parametreler arasındaki korelasyon ise daha zayıf düzeyde olmakla birlikte yine anlamlı bulunmuştur (DTF için $r=-0,265$; $p=0,007$, yer değişirme için $r=-0,220$; $p=0,025$). El kavrama gücü, diyafram kalınlaşma fraksiyonu ($r=0,366$; $p<0,001$) ve diyafram yer değişirmesi ($r=0,357$; $p<0,001$) ile pozitif yönlü ve anlamlı düzeyde korelasyon göstermektedir.

Tablo 4. 17 Yoğun Bakım Gereksinimi ile İlişkili Klinik Değişkenlerin İstatistiksel Karşılaştırması

	p-değeri
Boy	0.673
Kilo	0.010*
Vücut Kitle İndeksi	0.083
Yaş	0.002*
Preoperatif Sistolik Kan Basıncı	<0.001*

Preoperatif Diastolik Kan Basıncı	0.258
Preoperatif Kreatinin	0.853
Preoperatif Hemoglobin	0.561
Sigara Kullanımı (Paket/Yıl)	0.858
Intraoperatif Kanama	0.016*
Intraoperatif Verilen Sıvı	0.017*
Kan Ürünü Replasmanı Yapılması	0.068
Preoperatif Klinik Kırılgenlık İndeksi	<0.001*
Preoperatif FRAIL	0.002*

Mann-Whitney U testi uygulanmıştır.

Yoğun bakım ihtiyacı olan ve olmayan hastalar karşılaştırıldığında; kilo ($p=0.010$), yaş ($p=0.002$), preoperatif sistolik kan basıncı ($p<0.001$), intraoperatif kanama miktarı ($p=0.016$), intraoperatif verilen sıvı miktarı ($p=0.017$), preoperatif klinik kırılgenlık indeksi ($p<0.001$) ve FRAIL skoru ($p=0.002$) değişkenleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Bu sonuçlar, bu parametrelerin yoğun bakım ihtiyacını öngörmeye etkili olabileceğini göstermektedir.

Tablo 4. 18 Postoperatif Komplikasyon Gelişen ve Gelişmeyen Hastaların Klinik Değişkenlerin Karşılaştırması

	p-değeri
Boy	0.596
Kilo	0.037*
Vücut Kitle İndeksi	0.291
Yaş	0.001*

Preoperatif Sistolik Kan Basıncı	0.001*
Preoperatif Diastolik Kan Basıncı	0.551
Preoperatif Kreatinin	0.857
Preoperatif Hemoglobin	0.533
Sigara Kullanımı (Paket/Yıl)	0.706
Intraoperatif Kanama	0.004*
Intraoperatif Verilen Sıvı	0.014*
Kan Ürünü Replasmanı Yapılması	0.021*
Preoperatif Klinik Kırılgnlık İndeksi	<0.001*
Preoperatif FRAIL	<0.001*

Mann-Whitney U testi uygulanmıştır

Postoperatif komplikasyon gelişen ve gelişmeyen hastalar karşılaştırıldığında; komplikasyon gelişen grupta kilo ($p=0.037$), yaş ($p=0.001$), preoperatif sistolik kan basıncı ($p=0.001$), intraoperatif kanama miktarı ($p=0.004$), intraoperatif verilen sıvı miktarı ($p=0.014$), kan ürünü replasmanı gereksinimi ($p=0.021$), preoperatif klinik kırılgnlık indeksi ($p<0.001$) ve FRAIL skoru ($p<0.001$) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, yaşlılık, artmış kırılgnlık ve intraoperatif hemodinamik yüklerin postoperatif komplikasyon gelişimiyle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 4. 19 Preoperatif Diyafram Parametrelerinin Yoğun Bakıma Yatış Durumuna Göre Karşılaştırılması

	p değeri
Preoperatif Inspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	0.057 ¹
Preoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	<.001 ¹
Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	<.001 ¹
Preoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi	<.001 ¹

Mann-Whitney U Testi uygulanmıştır.

Yoğun bakıma yatırılan hastalarla yatırılmayanlar karşılaştırıldığında; preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirme değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p < .001$). Buna karşın inspiryum sonu diyafram kalınlığı değişkeninde fark istatistiksel sınırdan olup anlamlı bulunmamıştır ($p = .057$).

Preoperatif değerlere göre yoğun bakıma yatırılan hastalarda, diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirmesi ortanca değerleri, yatırılmayan gruba kıyasla anlamlı derecede daha düşüktür.

Öte yandan, ekspiryum sonu diyafram kalınlığı ortancası yoğun bakıma alınan grupta daha yüksektir.

İnspiryum sonu diyafram kalınlığı değerleri ise iki grup arasında benzer bulunmuştur.

Tablo 4. 20 Yoğun Bakım Gereksinimi ile Diyafram Fonksiyon Parametreleri Arasındaki Karşılaştırma

	Yoğun bakım yatışı yok	Yoğun bakım yatışı var
Preoperatif İnspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	3.24 (3.00-3.80)	3.26 (2.20-3.50)
Preoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	2.18 (1.90-2.60)	2.47 (2.10-3.25)
Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	48.95 (31.10-71.25)	38.58 (26.00-47.60)
Preoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi	5.26 (3.70-8.60)	3.84 (2.40-4.50)

Tablo 4. 21 Preoperatif Diyafram Parametrelerinin Postoperatif Pulmoner Komplikasyon Gelişme Durumuna Göre Karşılaştırılması

	p değeri
Preoperatif İnciriyum Sonu Diyafram Kalınlığı	0.060 ¹
Preoperatif Ekspiriyum Sonu Diyafram Kalınlığı	<.001 ¹
Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	<.001 ¹
Preoperatif Diyafram Yer Değişirmesi	<.001 ¹

**Mann–Whitney U Testi uygulanmıştır*

Tablo 4. 22 Postoperatif Pulmoner Komplikasyonlar ve Diyafram Değerleri İlişkisi

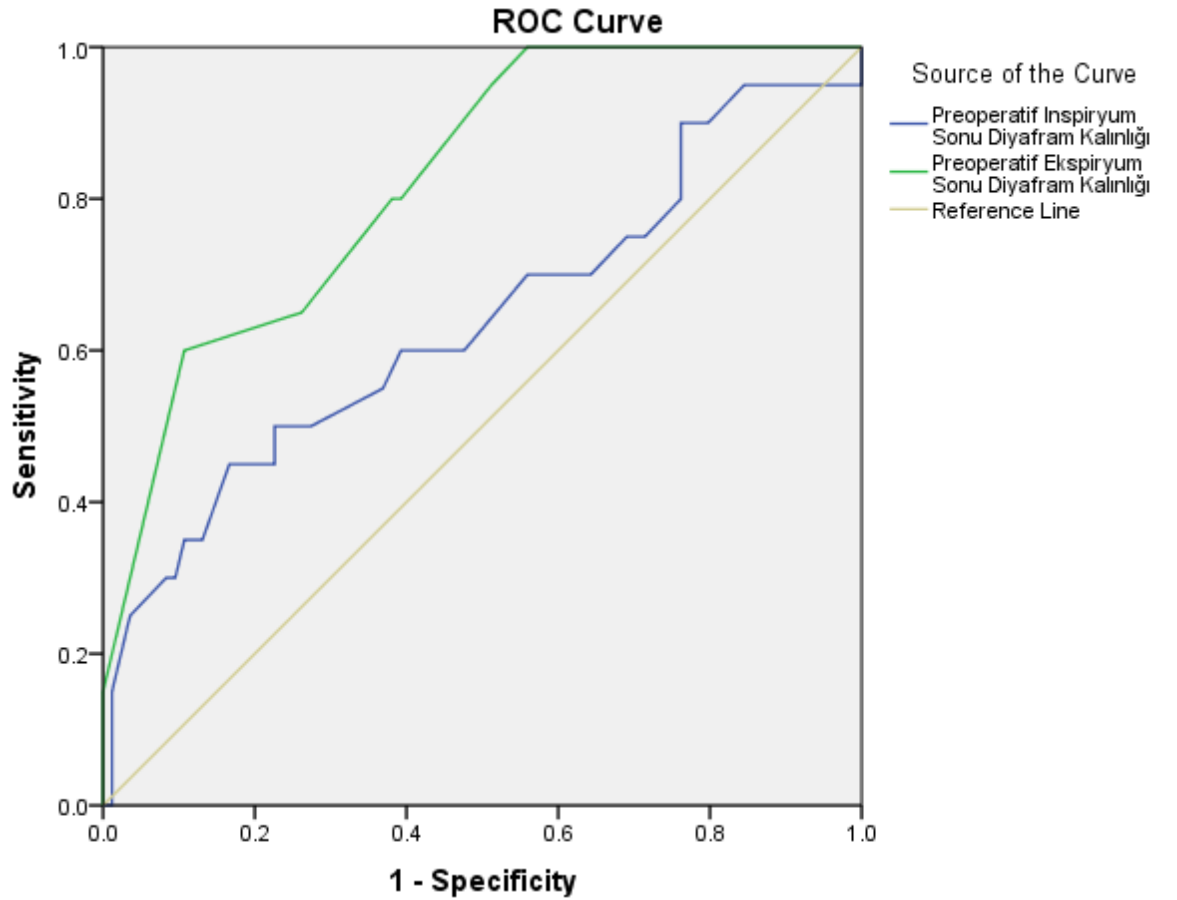
	Postoperatif Pulmoner Komplikasyon			
	Yok		Var	
	Ortanca (min-max)	Ortalama ± SD	Ortanca (min-max)	Ortalama ± SD
Preoperatif İnciriyum Sonu Diyafram Kalınlığı	3.25 (3.00-3.80)	3.24±0.13	3.32 (2.20-3.50)	3.26±0.28
Preoperatif Ekspiriyum Sonu Diyafram Kalınlığı	2.20 (1.90-2.60)	2.18±0.19	2.50 (2.20-3.25)	2.49±0.25
Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	46.60 (31.10-71.25)	48.85±10.24	36.70(26.00-47.60)	37.92±6.09
Preoperatif Diyafram Yer Değişirmesi	5.16 (3.70-8.60)	5.23±0.91	4.10 (2.40-4.50)	3.83±0.64

Postoperatif komplikasyon gelişmeyen hastalarda, inciriyum sonu diyafram kalınlığı ortalaması 3.24±0.13 mm iken, komplikasyon gelişen hastalarda bu değer 3.26±0.28 mm olarak ölçülmüştür. Her iki grup arasında anlamlı bir fark saptanmamış olup, p değeri 0.060

olarak bulunmuştur. Bu bulgu, inspiryum sonu diyafram kalınlığının PPK gelişimini öngörmeye sınırlı bir değere sahip olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirmesi parametrelerinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir (tüm p değerleri <0.001). PPK gelişen hastalarda bu üç parametrenin ortalama değerleri belirgin şekilde daha düşük bulunmuştur. Örneğin, diyafram kalınlaşma fraksiyonu PPK gelişenlerde %37,92±6.09 iken, gelişmeyenlerde %48,85±10,24 olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, diyafram yer değiştirmesi de PPK gelişenlerde ortalama 3.83±0.64 mm iken, komplikasyon gelişmeyenlerde bu değer 5.23±0.91 mm'dir.

Bu bulgular, özellikle preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram hareketliliği gibi parametrelerin postoperatif dönemde pulmoner komplikasyon gelişimini öngörmeye anlamlı biyobelirteçler olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, cerrahi öncesi dönemde yapılacak ultrasonografik diyafram değerlendirmesinin, risk altındaki hastaların tanımlanmasında ve uygun önlemlerin alınmasında klinik olarak fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

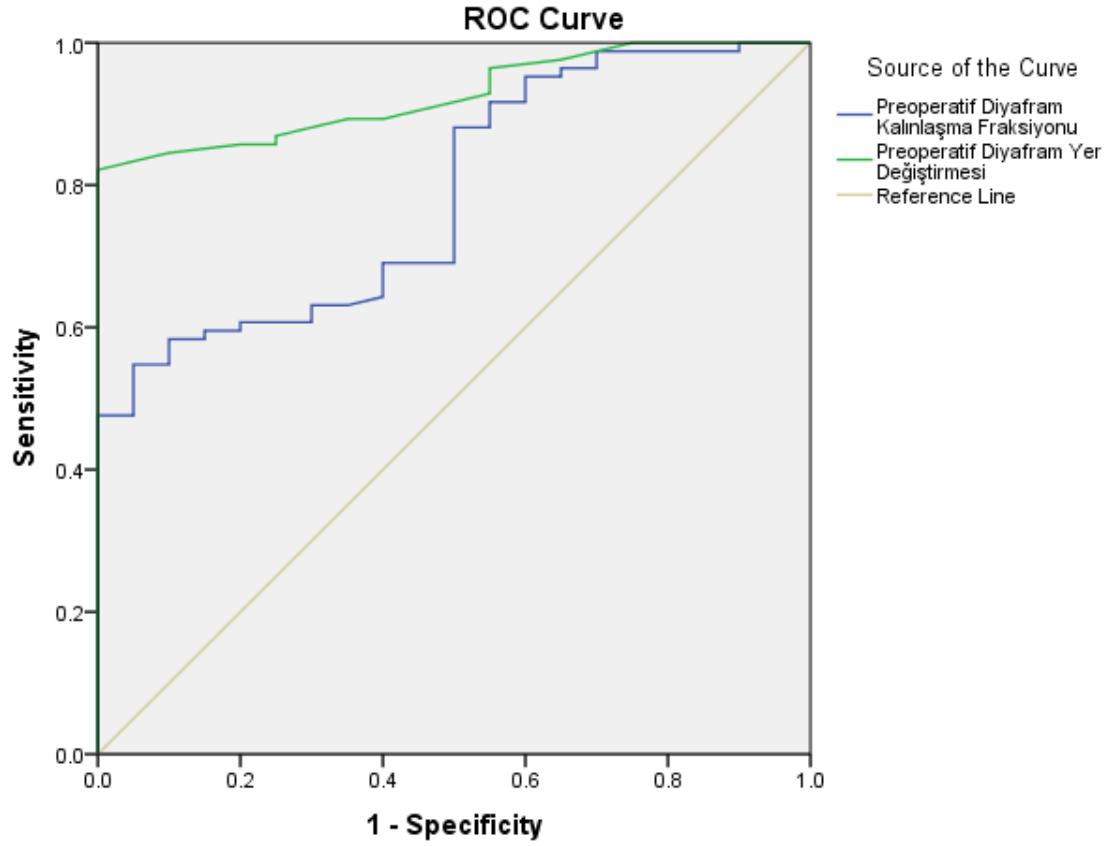


Tablo 4. 23 Preoperatif İnciriyum ve Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığının Postoperatif Yoğun Bakım Yatışı Üzerine Olan Etkisinin ROC Analizi

Risk Faktörü	AUC (95%CI)	Cutt off	p	Sensitive (%)	Spesifisite (%)
Preoperatif İnciriyum Sonu Diyafram Kalınlığı	.637 (.487-.787)	3.345	.057	45	83.3
Preoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı	.824 (.731-.917)	2.45	.000	60	89.3

ROC analizi sonuçlarına göre, preoperatif inciriyum sonu diyafram kalınlığı parametresi yoğun bakım ihtiyacını öngörmede sınırlı bir ayırt edici güce sahiptir. Bu parametrenin AUC değeri 0.637 (95% CI: 0.487–0.787) olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.057$). %45 duyarlılık ve %83,3 özğüllük değerleri, bu ölçümün yoğun bakıma gidecek hastaların yalnızca küçük bir kısmını tespit edebildiğini, buna karşın gitmeyecek olanların çoğunu doğru şekilde ayırt edebildiğini göstermektedir. Bu nedenle, preoperatif inciriyum sonu diyafram kalınlığı klinik karar verme sürecinde tek başına yeterli bir belirteç olarak değerlendirilmemelidir.

Buna karşın, preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı parametresi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş (AUC = 0.824; 95% CI: 0.731–0.917; $p < 0.001$) ve daha yüksek bir ayırt edicilik sergilemiştir. Bu parametre, %60 duyarlılık ve %89,3 özğüllük ile özellikle yoğun bakıma alınmayacak hastaların doğru dışlanmasında başarılıdır ve belirli bir düzeyde riski olan hastaların tanımlanmasına da katkı sağlamaktadır. 2.45 mm'nin altındaki kalınlık değerleri, postoperatif yoğun bakım ihtiyacının öngörülmesinde klinik açıdan dikkate alınması gereken bir eşik olabilir. Sonuç olarak, preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı ölçümü, postoperatif hasta yönetiminde önemli bir yardımcı parametre olarak kullanılabilir.



Risk Faktörü	AUC (95%CI)	Cutt off	p	Sensitive (%)	Spesifisite (%)
Preoperatif Diyafram Kalınlaşma Fraksiyonu	0.787	46.2	<0.001	53.6	95
Preoperatif Diyafram Yer Değiştirme	0.926	4.55	<0.001	82.1	100

ROC analizi sonuçları, preoperatif dönemde ölçülen diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirmesi parametrelerinin, postoperatif yoğun bakım ihtiyacını öngörmeye anlamlı bir ayırt edici güce sahip olduğunu göstermektedir. Diyafram kalınlaşma fraksiyonu için AUC değeri 0.787 olup, %95 özgüllük ile yoğun bakıma ihtiyaç duymayacak hastaları doğru şekilde dışlayabilmektedir. Ancak, %53,6'lık duyarlılık değeri, bazı riskli

hastaların bu parametreyle saptanamayabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle, diyafram kalınlaşma fraksiyonu tek başına yüksek doğruluk sağlamamakla birlikte, özgüllüğü sayesinde özellikle düşük riskli hastaları belirlemede yardımcı olabilir.

Buna karşılık, diyafram yer değiştirmesi parametresi çok daha güçlü bir prediktif performans sergilemiştir. AUC değeri 0.926 olan bu parametre, %100 özgüllük ve %82,1 duyarlılık ile postoperatif yoğun bakım ihtiyacını öngörmeye yüksek doğruluğa sahiptir. Özellikle 4.55 mm'nin altındaki yer değiştirme değerleri, yoğun bakım ihtiyacının güçlü bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Her iki parametre de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup ($p < 0.001$), bu bulgular preoperatif ultrasonografik diyafram değerlendirmesinin, cerrahi sonrası yoğun bakım ihtiyacı doğabilecek hastaların önceden belirlenmesinde klinik olarak değerli bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4. 24 Yoğun Bakıma Yatışı Öngören Değişkenlerin Lojistik Regresyon Analizi Sonuçları

	B Katsayısı	p-Değeri	OR (Exp(B))	95% Güven Aralığı
Preoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı (mm)	0.627	0.006	1.872	1.199-2.925
Preoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi (mm)	-0.317	< 0.001	0.729	0.612-0.867

Backward-Wald yöntemiyle yapılan çok değişkenli lojistik regresyon analizine, preoperatif dönemde ölçülen inspiyum sonu diyafram kalınlığı, ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirmesi değişkenleri dahil edilmiştir. Modelin sonunda, sadece preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı ve diyafram yer değiştirme değerleri yoğun bakıma yatış ile anlamlı ilişki göstermiştir.

Preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığındaki her 1 mm'lik artış, yoğun bakıma yatış olasılığını yaklaşık 1,87 kat artırmaktadır ($p = .006$; OR = 1.872; %95 GA: 1.199–2.925). Öte yandan, diyafram yer değiştirmesindeki her 1 mm'lik artış, yoğun bakıma yatış olasılığını yaklaşık %27 oranında azaltmaktadır ($p < .001$; OR = 0.729; %95 GA: 0.612–0.867).

Değişken	B Katsayısı	p-değeri	OR (Exp(B))	95% Güven Aralığı
Preoperatif Ekspiryum Sonu Diyafram Kalınlığı (mm)	2.471	0.025	11.833	1.364 – 102.687
Preoperatif Diyafram Yer Değiştirmesi (mm)	-0.275	0.001	0.760	0.644 – 0.895

Backward-Wald yöntemiyle yapılan çok değişkenli lojistik regresyon analizinde, preoperatif dönemde ölçülen inspiyum sonu kalınlık, ekspiryum sonu kalınlık, kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirmesi değişkenleri modele dahil edilmiştir.

Model sonucunda, **preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı** ve **diyafram yer değiştirmesi** değerleri postoperatif pulmoner komplikasyon gelişimi ile anlamlı ilişki göstermiştir. **Ekspiryum sonu kalınlıkta her 1 mm artış**, postoperatif pulmoner komplikasyon gelişme olasılığını yaklaşık **12 kat** artırmaktadır (p = 0.025). **Diyafram yer değiştirmesindeki her 1 mm artış**, komplikasyon gelişme olasılığını yaklaşık **%24** azaltmaktadır (OR = 0.760; p = 0.001).

Tablo 4. 25 Yandaş Hastalıkların Hastaların Yoğun Bakıma Yatışı Üzerine Etkisi

	B Katsayısı	p-değeri	OR (Exp(B))	95% Güven Aralığı
Hipertansiyon	0.079	0.901	1.082	0.309 – 3.796
Diyabet Mellitus	0.593	0.325	1.809	0.556 – 5.884
Kalp Yetmezliği	0.616	0.490	1.852	0.322 – 10.656
Akciğer Patolojileri	-0.031	0.964	0.969	0.250 – 3.754
Malignite	2.197	0.021	9.000	1.384 – 58.532
SVO veya İskemik Atak	1.971	0.003	7.178	1.917 – 26.879
Kalp Damar Hast.-Aritmi	0.914	0.130	2.494	0.765 – 8.131

Lojistik regresyon analizine göre, preoperatif klinik değişkenlerden sadece malignite ($p = 0.021$; OR = 9.000; %95 GA: 1.384–58.532) ve SVO/iskemik atak/beyin hastalığı öyküsü ($p = 0.003$; OR = 7.178; %95 GA: 1.917–26.879) yoğun bakıma yatışla anlamlı ilişki göstermiştir. Bu bulgular, malignitesi olan hastaların yoğun bakıma yatış olasılığının yaklaşık 9 kat, SVO öyküsü olan hastaların ise yaklaşık 7 kat arttığını göstermektedir. Diğer değişkenler (hipertansiyon, diyabet, kalp yetmezliği, akciğer patolojileri ve kalp-damar aritmileri) ile yoğun bakıma yatış arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p > 0.05$).

5.TARTIŞMA

Bu çalışmada, preoperatif ve postoperatif dönemlerde gerçekleştirilen diyafragmatik ultrasonografi ölçümlerinin cerrahi sürecin diyafram fonksiyonları üzerindeki etkileri ve yoğun bakım süreçlerine duyarlılığı incelendi. Bulgular, inspiryum ve ekspiryum sonu diyafram kalınlığı, kalınlaşma fraksiyonu (DTF) ve diyafram yer değiştirme değerlerinin cerrahi sonrası anlamlı şekilde azaldığını göstermiştir (tüm $p<0.001$). Bu durum, daha önce Cavayas ve arkadaşlarının kardiyak cerrahi geçiren hastalarda DTF <38 olması durumunda postoperatif pulmoner komplikasyon riskinin yaklaşık beş kat arttığını gösteren bulgularıyla uyumludur (28). Diyafram fonksiyonunun ameliyat sonrasındaki bu hızlı düşüşü, ventilatör ilişkili diyafragma disfonksiyonu (VIDD) gelişimiyle yakından ilişkilidir ve özellikle ileri yaş ve komorbid hastalığı olan bireylerde belirginleşmektedir (28).

Preoperatif dönemde diyafram fonksiyonlarının değerlendirilmesi, postoperatif pulmoner komplikasyonların önlenmesi ve solunum desteği gereksiniminin öngörülmesi açısından giderek artan bir öneme sahiptir. Bu bağlamda diyafram kalınlaşma fraksiyonu (DTF) ve diyafram yer değiştirme (excursion) gibi ultrasonografik ölçümler, non-invaziv ve tekrarlanabilir doğaları sayesinde klinik uygulamalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Diyafram yer değiştirmesi, diyaframın vertikal düzlemdeki hareket kapasitesini temsil ederken; DTF, diyafram kasının kasılma gücüne dolaylı bir gösterge sunmaktadır. Literatürde de bu ayırım vurgulanmış; Toledo ve ekibi diyafram yer değiştirmesinin solunum işlevinin dinamik bir göstergesi olduğunu, DTF'nin ise inspiratuar kasılmanın etkinliğini yansıttığını belirtmiştir (91).

Bu duruma LUSHIP çalışması da dikkat çekmiştir. Preoperatif dönemde ölçülen düşük DTF ve azalmış diyafram yer değiştirme değerlerinin postoperatif komplikasyonlarla ilişkili olabileceği vurgulanmış ve bu iki ölçüm arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bu bağlamda, çalışmamızdaki pozitif korelasyon bulgusu, daha önce bildirilen fizyolojik uyumu desteklemektedir (27). Diğer bir çalışmada ise diyafram yer değiştirmesinin düşük olduğu durumlarda DTF'nin de sıklıkla düşük seyrettiğini ve bu iki parametrenin birlikte yorumlanmasının solunum rezervini daha doğru yansıtabileceğini ileri sürmüşlerdir (28).

Çalışmamızda, preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığındaki her 1 mm'lik artışın yoğun bakım ihtimalini 1,87 kat artırması (OR=1.872; %95 GA: 1.199–2.925) ilk bakışta beklenmedik bir sonuç gibi görünmektedir. Ancak Toledo ve arkadaşlarının preoperatif dönemde kas kitlesi yüksek olan obez bireylerde diyafram kalınlığının mutlak

olarak yüksek ölçülebileceğini, bunun her zaman fonksiyonel kapasitenin artmış olduğu anlamına gelmediğini vurgulamaları bu bulguyu kısmen açıklamaktadır(92). Ayrıca bazı çalışmalarda da hipertrofik adaptasyonun paradoksal olarak kontraktıl rezervin azalmasıyla birlikte seyredebileceği bildirilmiştir (93). Bu nedenle diyafram kalınlığı tek başına anlamlı bir prognostik parametre olarak değerlendirilmemelidir; diyafram kalınlaşma fraksiyonu ve diyafram yer değiştirme ölçümleriyle birlikte yorumlanmalıdır.

Nitekim, diyafram yer değiştirmesinin her 1 mm'lik artışının yoğun bakıma yatış olasılığını yaklaşık %27 azaltması (OR=0.729; %95 GA: 0.612–0.867) bu fonksiyonel rezervin asıl belirleyicisinin dinamik ölçümler olduğunu göstermektedir. Vezzani ve arkadaşları da kardiyak cerrahi sonrası diyafram hareket açıklığı kısıtlanan hastalarda, ventilatör bağımlılığı ve komplikasyon insidansının belirgin şekilde arttığını göstermiştir (94). Benzer şekilde Touw ve arkadaşları, abdominal cerrahi geçiren hastalarda rutin LUS uygulamalarında diyafram yer değiştirmesi düşüşünün oksijenizasyon bozukluğu ve yoğun bakım ihtiyacıyla güçlü ilişki gösterdiğini bildirmiştir (95).

Bu sonuçların fizyopatolojik temeli, mekanik ventilasyona bağlı diyafragmatik inaktivasyon, cerrahi inflamasyon, sıvı yüklenmesi ve asit-baz dengesizliği gibi faktörlerin sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Malbrain ve arkadaşlarının tanımladığı “4D sıvı yönetimi modeli” (ilaç, doz, süre, aşamalı azaltma) cerrahi ve yoğun bakım sürecindeki sıvı yükünün diyafram fonksiyonları üzerindeki olumsuz etkisini vurgulamaktadır. Özellikle sıvı dengesizliği sonucu interstisyel akciğer ödemi ve diyafragmanın hareket kısıtlanması sıklıkla birlikte görülmektedir (96).

Öte yandan, bu çalışma diyafram yer değiştirme ölçümünün klinik öngörü gücünü özellikle vurgulayan sonuçlar ortaya koymuştur. Preoperatif diyafram hareket açıklığı yüksek olan hastaların, postoperatif komplikasyon açısından daha düşük risk profiline sahip olduğu, Glasbey ve arkadaşlarının geniş ölçekli sistematik incelemesinde de önerilen bir yaklaşımla paralellik göstermektedir. Bahsi geçen çalışmada, mevcut skorlama sistemlerinin pulmoner komplikasyon tahmin performansının sınırlı olduğu ve fonksiyonel ultrason ölçümlerinin klinik karar süreçlerine entegre edilmesi gerektiği belirtilmiştir (97).

Yine benzer bir şekilde, Chiappetta ve çalışma arkadaşları toraks cerrahisi sonrası rutin ultrason kullanımının komplikasyon tanısında radyografiye kıyasla daha hızlı ve güvenilir bir araç olabileceğini ortaya koymuşlardır (93). Bu bulgu, çalışmamızın diyafram fonksiyonunun sadece yapısal değil, dinamik parametrelerle de değerlendirilmesinin

önemini vurgulayan sonuçlarını güçlendirmektedir ve preoperatif dönemde diyafram fonksiyonunun hem statik (kalınlık) hem de dinamik (hareket) ölçütlerle değerlendirilmesinin birbirini tamamlayan sonuçlar verdiğini, diyaframın fonksiyonel kapasitesine dair bütüncül bir bakış sunduğunu göstermektedir.

Çalışmamız diyafragmatik rezervi yüksek hastaların klinik gidişatının daha olumlu olduğunu, bu nedenle preoperatif dönemde yapılacak rutin diyafram ultrasonografisinin risk sınıflamasında önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Elde ettiğimiz veriler doğrultusunda, preoperatif diyafragmatik ölçümlerinin; yaş, komorbidite yükü ve cerrahi tipine bakılmaksızın tüm yüksek riskli hastalarda standart değerlendirme algoritmasına dahil edilmesi önerilebilir(28,94,96).

LUSHIP çalışmasında, postoperatif dönemde diyafram performansının düşmesinin, spontan solunum kapasitesinin azalması ve akciğer komplikasyonlarının artması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Diyafram fonksiyonundaki bu gerilemenin, preoperatif değerlendirilen kırılabilirlik skorlarıyla da paralellik gösterdiği vurgulanmıştır.

Bir diğer araştırmada, diyaframın inspiryum sonu kalınlık değerindeki azalmaların, azalmış tidal hacim ve zayıf inspiratuar kas gücü ile korele olduğu ve bu durumun özellikle ileri yaş grubunda daha sık izlendiği belirtilmiştir (98). Çalışmada ayrıca, postoperatif dönemde inspiryum ve ekspiryum sonu kalınlık değerlerindeki düşüşlerin, komplikasyon gelişen hastalarda daha belirgin olduğu vurgulanmıştır.

Ayrıca, diğer bir prospektif gözlemsel çalışmada, diyafram yer değiştirme değerindeki 1 mm'lik azalmanın bile ekstübasyon başarısızlığı riskini %20 oranında artırdığı ve bunun pulmoner komplikasyonlarla doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir (99). Bu durum, yalnızca ventilatör bağımlılığı açısından değil, aynı zamanda solunum rezervinin kırılabilirliğini de işaret etmektedir.

Bu veriler doğrultusunda, çalışmamızın bulguları literatürle tam bir uyum göstermektedir. Özellikle diyafram yer değiştirmesi ve kalınlık değerlerindeki düşüşler, yalnızca postoperatif disfonksiyonun bir göstergesi değil, aynı zamanda komplikasyon gelişiminin patofizyolojik temelini de yansıtmaktadır. Bu nedenle, diyafram ultrasonografisi ile yapılan preoperatif ve postoperatif takiplerin, riskli hastaların belirlenmesi ve zamanında müdahale edilmesi açısından kritik bir rolü olduğu sonucuna varılabilir.

Çalışmamızda, preoperatif olarak değerlendirilen klinik kırılabilirlik (fragility) indeksi ile FRAIL skorları arasında pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır. Bu bulgu, kırılabilirlik (fragility) taramasında kullanılan ölçüklerin birbiriyle olan uyumunu göstermekte olup, LUSHIP çalışmasıyla paralellik göstermektedir (27). Bu çalışmada, kırılabilirlik düzeylerinin farklı skorlama sistemleriyle değerlendirildiğinde benzer klinik sonuçlarla ilişkilendirildiği bildirilmiştir.

Klinik kırılabilirlik (fragility) indeksi ile el kavrama gücü arasında negatif yönlü bir korelasyon bulunmuştur. Bu sonuç, iskelet kas gücünün ileri yaşla birlikte belirgin biçimde azaldığını ve kırılabilirliğin fiziksel kapasite üzerine doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu duruma dikkat çeken diğerk bir çalışmada da el kavrama gücünün, yaşlı hastalarda fiziksel fonksiyonun güçlü bir göstergesi olduğu ve kırılabilirlik skorlarıyla anlamlı şekilde ters orantılı seyrettiği gösterilmiştir(28) .

Çalışmamızda ayrıca kırılabilirlik ve fiziksel performans parametreleri ile diyafram fonksiyonları arasında önemli ilişkiler gözlenmiştir. Klinik Fragilité İndeksi ile preoperatif diyafram kalınlaşma fraksiyonu (DTF) arasında tespit edilen negatif korelasyon ($r=-0,376$; $p<0,001$), artan kırılabilirliğin diyafragmatik rezervi belirgin şekilde azalttığını göstermektedir. Bu bulgu, Cavayas ve arkadaşlarının (2019) ileri yaş kardiyak cerrahi hastalarında düşük DTF değerlerinin artmış komplikasyon riskiyle yakından ilişkili olduğunu ortaya koyan sonuçlarıyla paralellik göstermektedir (28). Ayrıca, diyafram yer değıştirmesi parametresinin de klinik kırılabilirlik indeksi ile negatif korele olması ($r=-0,307$; $p=0,002$) diyaframın fonksiyonel kapasitesinin kırılabilirlik derecesiyle yakından bağlantılı olduğunu teyit etmektedir.

Çalışmamızda kırılabilirlik skorları da postoperatif komplikasyonlarla anlamlı şekilde ilişkili bulunmuştur. Baratto'nun yaptığı çalışmada kırılabilir bireylerin postoperatif dönemde daha uzun süre hastanede kaldıklarını ve komplikasyon oranlarının daha yüksek olduğunu göstermiştir(28). Benzer şekilde LUSHIP çalışmasında, kırılabilirlik indeksi yüksek olan hastalarda diyafragmatik rezervin azaldığı ve bunun da postoperatif solunum komplikasyonlarını artırdığı belirtilmiştir (27). Bu bulgular, kırılabilirlik göstergelerinin yalnızca fonksiyonel kapasite değil, aynı zamanda komplikasyon riski açısından da önemli öngörücüler olduğunu ortaya koymaktadır.

Literatürde de kırılabilirliğin, fiziksel rezervin tükenmesi ve kas fonksiyonunun azalması yoluyla diyafragmanın etkilenmesine aracılık ettiği bildirilmiştir. Özellikle Toledo

ve arkadaşları, yaşlı hastalarda total kas kitlesinin azalmasının diyafram kas gücü ve hareket kapasitesini düşürdüğünü ve bunun da artmış yoğun bakım gereksinimiyle ilişkili olabileceğini vurgulamıştır(92). Bu açıdan, çalışmamızın klinik kırılma indeksi ile DTF ve diyafram yer değiştirmesi arasındaki güçlü negatif korelasyonu göstermesi, preoperatif dönemde kırılma tayininin diyafragmatik fonksiyonla birlikte değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

FRAIL skoruyla bu parametreler arasındaki korelasyonun daha zayıf düzeyde, ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunması (DTF için $r=-0,265$; $p=0,007$; yer değiştirme için $r=-0,220$; $p=0,025$), klinik kırılma indeksinin kırılma daha kapsamlı yansıtan bir ölçek olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim Glasbey ve ekibi tarafından yapılan büyük ölçekli incelemede, kırılma değerlendirmelerinin mevcut risk skorlama sistemlerine göre klinik öngörü gücünü artırabileceği ancak tek başına yeterli olmayacağı, fonksiyonel ölçümlerle desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir (97).

El kavrama gücü ise kas gücü ve genel fiziksel performans hakkında objektif veri sunan, kolay uygulanabilir ve değerli bir biyobelirteçtir. Çalışmamızda el kavrama gücünün anlamlı şekilde düşük olması, komplikasyon gelişen hastaların yalnızca daha kırılma değil, aynı zamanda daha zayıf kas kitlesine ve fonksiyonel kapasiteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan bir çalışmada, el kavrama gücünün yalnızca mobilitayı değil, aynı zamanda respiratuar kas gücünü ve diyafram performansını da yansıttığı, bu nedenle düşük kavrama gücünün hem fonksiyonel kısıtlılık hem de artmış komplikasyon riski ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (98).

Çalışmamızda el kavrama gücüyle diyafram fonksiyonlarının pozitif korelasyon gösterdiği görülmüştür. El kavrama kuvvetinin DTF ile $r=0,366$ ve yer değiştirme ile $r=0,357$ düzeyinde anlamlı ilişki göstermesi (her ikisi için $p<0,001$), genel kas kuvvetinin solunum kaslarının performansını da doğrudan etkilediğine işaret etmektedir. El kavrama gücü, genel kas gücünü yansıtan basit ancak etkili bir ölçüm olup, kırılma ve fonksiyonel kapasiteyle yakından ilişkilidir. Baratto, çalışmasında; düşük el kavrama gücünün artmış postoperatif riskle ilişkili olduğunu, özellikle düşük rezervli yaşlı hastalarda komplikasyonların daha sık geliştiğini vurgulamıştır (28).

Bu durum, Toledo ve ekibinin sarkopeni parametrelerinin pulmoner komplikasyon riskiyle bağımsız ilişkisinin saptandığı bulgularını desteklemektedir (92). Ayrıca Cavayas ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında da el kavrama gücünün düşük olması, düşük DTF ile

birlikte değerlendirildiğinde postoperatif pulmoner komplikasyonları öngörmeye daha yüksek doğruluk sağlamıştır.(28).

Sonuç olarak, çalışmamızın bu kısmında ortaya çıkan veriler, kırılabilirlik değerlendirmeleri (klinik kırılabilirlik indeksi ve FRAIL skoru) ile diyafram fonksiyonları arasındaki güçlü negatif ilişkiyi ortaya koymakta ve kas kuvvetinin objektif bir göstergesi olan el kavrama testinin solunum kas rezervi hakkında değerli ipuçları sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, preoperatif dönemde multidisipliner değerlendirme yaklaşımının gerekliliğini ve özellikle diyafragmatik ultrasonografi, kırılabilirlik skorlamaları ve kas kuvveti ölçümlerinin bir arada kullanılmasıyla daha doğru risk tahmini yapılabileceğini desteklemektedir (28,92,97).

Bu sonuçların klinik uygulamalara yansımaları, cerrahiye aday ileri yaş veya yüksek kırılabilirlik riski taşıyan hastalarda erken dönemde solunum kas eğitimi, inspiratuar kas güçlendirme programları ve non-invaziv ventilasyon stratejilerinin planlanmasını mümkün kılabilir. Böylece, pulmoner komplikasyon riski daha aktif bir yaklaşımla azaltılabilir (28,96).

Serviste ve yoğun bakım ünitesinde kalış süresinin anlamlı şekilde uzun olması; klinik gidişatın zorluğunu ve komplikasyonların sağlık sistemi üzerindeki yükünü doğrudan yansıtmaktadır. Bu parametrelerin preoperatif dönemde değerlendirilen kırılabilirlik, yaş ve el kavrama gücü gibi ölçümlerle bağlantılı olması, risk sınıflandırmasının yalnızca yaşa değil, fonksiyonel ve fizyolojik rezerv göstergelerine de dayanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda, postoperatif komplikasyon gelişen hastaların hem serviste hem de yoğun bakım ünitesinde kalış sürelerinin, komplikasyon gelişmeyen hastalara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha uzun olduğu gösterilmiştir. Bu bulgu, postoperatif komplikasyonların sadece medikal sonuçları değil, aynı zamanda sağlık sistemi üzerindeki kaynak kullanımını da ciddi biçimde etkilediğini göstermektedir.

Servis kalış süresinin uzamasının temel nedeni, komplikasyon gelişen hastalarda iyileşme sürecinin daha yavaş olması ve multidisipliner müdahaleye olan ihtiyacın artmasıdır. Özellikle yaşlı ve kırılabilir bireylerde bu durum daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Baratto'nun çalışmasında, düşük preoperatif diyafram fonksiyonu (özellikle azalmış DTF) olan hastalarda komplikasyon oranlarının ve hastanede kalış süresinin anlamlı düzeyde yüksek olduğu gösterilmiştir(28). LUSHIP çalışmasında da kırılabilirlik düzeyi

yüksek olan bireylerde hem hastanede kalış süresinin hem de komplikasyon oranlarının arttığı rapor edilmiştir (27).

Yoğun bakım ünitesinde kalış süresindeki anlamlı artış ise, postoperatif komplikasyonların fizyolojik rezervi zayıf olan hastalarda ciddi şekilde solunumsal ve hemodinamik instabiliteye yol açtığını düşündürmektedir. **LUSHIP çalışması**, postoperatif yoğun bakım ihtiyacının artışında düşük diyafram kalınlaşma fraksiyonu (DTF) ve ileri yaşta artan kırılabilirliğin önemli bir belirleyici olduğunu göstermektedir (27).

Ayrıca, diğer bir prospektif kohort çalışmasında, diyafragmatik disfonksiyonun hastanede kalış süresi üzerindeki etkisi detaylı olarak incelenmiş; diyafram yer değiştirmesi ve kalınlaşma fraksiyonunun azaldığı hastalarda hem yoğun bakım süresinin hem de servis yatış süresinin anlamlı şekilde uzadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada, düşük DTF'nin, invaziv mekanik ventilasyon süresini ve hastanede kalış süresini belirgin şekilde artırdığı gösterilmiştir(98).

Yaşlı hasta popülasyonuna odaklanan diğer bir araştırmada, kırılabilirlik ile postoperatif komplikasyon riski ve yatış süreleri arasındaki bağlantılar derinlemesine ele alınmıştır. Araştırmada preoperatif olarak yüksek FRAIL skoru ve düşük el kavrama gücüne sahip bireylerin, daha uzun süre yoğun bakım desteğine ihtiyaç duyduğu ve ortalama yatış süresinin anlamlı şekilde uzadığı bildirilmiştir (100).

Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, postoperatif komplikasyon gelişen hastaların hem klinik kırılabilirlik indeksi hem FRAIL skorları anlamlı ölçüde daha yüksek, el kavrama güçleri ise belirgin şekilde daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular, kırılabilirliğin objektif ölçütleri ile fiziksel performans göstergelerinin, postoperatif komplikasyonların güçlü öngörücüsü olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, sadece anatomik değerlendirme değil, aynı zamanda fonksiyonel kapasite, solunum kas performansı ve kırılabilirlik gibi çok boyutlu ölçümlerle yapılan preoperatif risk analizinin cerrahi sonrası süreci anlamlı biçimde öngörebileceğini göstermektedir. Bu tarz bütüncül değerlendirmeler hem bireysel hasta yönetiminde hem de kaynak planlamasında klinisyenlere değerli katkılar sunmaktadır.

Çalışmamızda, postoperatif komplikasyon gelişen hastaların preoperatif sistolik kan basıncı değerlerinin, komplikasyon gelişmeyenlere göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır. Her ne kadar bu parametreye ilişkin literatürde daha az veri bulunsa da

özellikle ileri yaş ve kırılabilirlik artışı durumunda ortostatik regülasyonun bozulması ve hemodinamik dalgalanmalara artmış duyarlılık, postoperatif dönemde olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir.

Bu bulgu, özellikle yaşlı hasta popülasyonunda dikkat çekicidir. Çünkü yaşla birlikte damar sertliği (arteriyel sertlik), baroreseptör yanıt azalması ve ortostatik regülasyon bozukluğu gibi faktörler, düşük preoperatif tansiyonun doku perfüzyonunu yetersiz hale getirmesine neden olabilir. Bu bağlamda; düşük sistolik değerlerin varlığı, komplikasyonlara karşı koruyucu değil, aksine hemodinamik rezervin yetersizliğine işaret edebilir.

Bu durum literatürde de benzer şekilde vurgulanmıştır. Bir çalışmada preoperatif normotansif ya da düşük sistolik basınca sahip bireylerde, özellikle anestezi indüksiyonu sonrası meydana gelen hemodinamik değişimlerin, serebral ve renal perfüzyon başta olmak üzere birçok organda geçici ya da kalıcı fonksiyon kaybına yol açabileceği ifade edilmiştir (92). Bu çalışmada ayrıca, yaşlı hastalarda “agresif olmayan” tansiyon kontrolünün dahi komplikasyon riskini azaltabileceği vurgulanmıştır.

Diğer bir çalışmada ise, geriatric hasta grubunda uygulanan elektif cerrahiler öncesinde düşük normal sistolik basınç (<130 mmHg) ile operasyon sonrası komplikasyon ve mortalite arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptandığı bildirilmiştir (94). Aynı çalışmada, özellikle 120 mmHg altındaki değerlerin komplikasyon riskini artırdığı ve bunun periferik doku perfüzyonunun azalmasına bağlı geliştiği düşünülmüştür.

Buna paralel olarak, Baratto'nun çalışmasında da preoperatif hemodinamik stabilitenin, özellikle kırılabilir bireylerde, postoperatif dönemdeki komplikasyonlar üzerinde belirleyici olduğu bildirilmiştir (28). Kırılabilir bireylerde düşük kardiyovasküler rezervin, zaten sınırlı olan fizyolojik adaptasyon kapasitesini daha da zorladığı ve bu nedenle düşük tansiyonun cerrahi stresle başa çıkmayı güçleştirdiği vurgulanmıştır.

Özetle, bu çalışmanın bulguları, preoperatif sistolik tansiyonun yalnızca “yüksek tansiyon” açısından değil, aynı zamanda “düşük-normal” değerler açısından da dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle kırılabilir ve yaşlı bireylerde, normotansif bile olsa düşük sistolik değerlerin dikkatli şekilde ele alınması, postoperatif komplikasyon riskini azaltma açısından önem arz etmektedir. Bu durum, cerrahi öncesi değerlendirmede kan basıncının sadece mutlak değer olarak değil, bireyin fizyolojik rezervi ve eşlik eden kırılabilirlik durumuyla birlikte ele alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Literatürde, intraoperatif sıvı dengesinin postoperatif iyileşme sürecine etkisi uzun süredir araştırılmaktadır. NICE kılavuzu (2017) bu konuda oldukça kapsamlı bir çerçeve sunarak, intravenöz sıvı tedavisinin “Resüsitasyon, Rutin bakım, Yerine koyma, Yeniden dağılım ve Yeniden değerlendirme” (5R) prensipleri çerçevesinde yönetilmesini önermektedir (96). Bu prensipler, sıvı tedavisinin bireyselleştirilmesi gerektiğini ve fazla sıvı yüklemesinin komplikasyonlara yol açabileceğini vurgular.

Ayrıca, intraoperatif sıvı yönetimi konusunda yapılan çalışmalar, sıvı tedavisinde "liberal" ve "restriktif" stratejiler arasındaki dengeyi tartışmaya açmıştır. Özellikle yaşlı ve kırılğan popülasyonlarda restriktif sıvı stratejilerinin, pulmoner komplikasyonları azaltabileceği bildirilmiştir (96). Yine aynı şekilde LUSHIP çalışmasında da sıvı yönetimiyle ilgili optimal yaklaşımın belirlenmesinde bireysel hasta özelliklerinin ve intraoperatif hemodinamik değişkenlerin dikkate alınmasının altı çizilmiştir (27).

Kılavuzlara göre, hastaya verilecek sıvı miktarı; preoperatif hidrasyon durumu, ameliyatın süresi ve tipi, intraoperatif kan kaybı ve idrar çıkışı gibi çoklu faktörlere göre planlanmalıdır. Ancak birçok merkezde, bu kararlar genç ve deneyimsiz hekimler tarafından verildiği için, gereksiz sıvı yüklemesi klinik komplikasyonlara zemin hazırlayabilmektedir. NICE rehberi, sıvı tedavisinin ilaç tedavisi kadar dikkatli ve protokole uygun olarak yürütülmesi gerektiğini vurgular. Özellikle postoperatif pulmoner komplikasyonlarla intraoperatif sıvı yüklemesi arasındaki ilişki, bu rehberde de dile getirilmiştir.

Sonuç olarak, elde ettiğiniz bulgular, literatürdeki güncel kılavuzlar ve çalışmalarla uyumludur. Bu nedenle, ileri yaş, kırılğanlık durumu ve komorbid hastalıklar taşıyan hastalarda sıvı tedavisi bireyselleştirilmeli; hasta için optimal sıvı hacmi, klinik parametrelere göre yeniden değerlendirilmeli ve multidisipliner yaklaşımla uygulanmalıdır. Aksi halde, postoperatif dönemde yoğun bakım ihtiyacında artış, iyileşme sürecinde uzama ve morbidite oranlarında yükselme kaçınılmaz hale gelebilmektedir.

Çalışmamızın ROC analizi sonuçları, preoperatif dönemde ölçülen diyafragma parametrelerinin postoperatif yoğun bakım gereksinimini öngörme kapasiteleri açısından önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. İlk olarak, preoperatif inspiryum sonu diyafram kalınlığı parametresinin sınırlı ayırt edicilik gücü dikkat çekmiştir. Bu ölçümün AUC değeri 0.637 olup (%95 GA: 0.487–0.787), istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0.057$). Ayrıca %45 duyarlılık ve %83,3 özgüllük oranları, bu parametrenin yüksek riskli hastaların yalnızca yarısını tespit edebildiğini, buna karşın düşük riskli hastaları büyük

oranda doğru şekilde ayırt ettiğini göstermektedir. Bu sonuç, Cavayas ve ark. (2019) tarafından da vurgulanan önemli bir kavrama işaret etmektedir: Diyaframın kalınlığı her zaman fonksiyonel kapasiteyi yansıtmaz ve tek başına anlamlı bir prediktör olamayabilir(28).

Öte yandan, preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı parametresi çok daha yüksek bir ayırt edicilik gücüne sahip bulunmuştur. AUC değerinin 0.824 olması (%95 GA: 0.731–0.917) ve $p < 0.001$ düzeyinde istatistiksel anlamlılık göstermesi, bu ölçümün klinik karar süreçlerinde güvenle kullanılabilceğini düşündürmektedir. Özellikle %89,3 özgüllük, düşük riskli hastaların doğru şekilde dışlanmasına olanak tanır. 2.45 mm'nin altındaki ekspiryum sonu kalınlık değerlerinin güçlü bir eşik değeri oluşturması, Cavayas ve arkadaşlarının (2019) DTF eşik değerlerine dair bulgularıyla metodolojik açıdan benzerlik taşımaktadır. Ayrıca Touw ve ark. (2019) abdominal cerrahi sonrası diyafram ölçümlerinin komplikasyon öngörüsünde değerli bir araç olduğunu vurgulamıştır (95)

ROC analizinde diyafram kalınlaşma fraksiyonunun (DTF) AUC değerinin 0.787 bulunması, bu parametrenin de anlamlı bir ayırt ediciliğe sahip olduğunu göstermektedir. %95 özgüllük düzeyi özellikle düşük riskli hastaların belirlenmesinde güçlü bir avantaj sağlarken, %53,6 duyarlılık bazı yüksek riskli hastaların gözden kaçabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, Toledo ve arkadaşlarının (2017) ileri yaş hasta grubunda fonksiyonel rezerv ölçümlerinin duyarlılığının sınırlı olabileceğine dair gözlemleriyle uyumludur (92). Bu nedenle DTF, tek başına yüksek doğruluk sağlamamakta, ancak diğer ölçümlerle kombine edildiğinde anlamlı katkı sunmaktadır.

Dikkat çekici şekilde, diyafram yer değiştirme parametresi en güçlü prediktif performansı sergilemiştir. AUC değeri 0.926 olarak hesaplanmış, %100 özgüllük ve %82,1 duyarlılık oranıyla istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). Bu yüksek doğruluk düzeyi, diyafram yer değiştirme ölçümünün hem düşük hem de yüksek riskli hastaları doğru sınıflamada üstün olduğunu göstermektedir. Vezzani ve ark. (2014), kardiyak cerrahi sonrası diyafram yer değiştirmesinin komplikasyon öngörüsünde kritik önem taşıdığını bildirmiştir ve çalışmamızın bulguları bu yaklaşımı güçlü şekilde desteklemektedir (94). Ayrıca Cavayas ve ekibi diyafram hareket açıklığının, DTF ve kalınlık ölçümleriyle kombine edildiğinde komplikasyon risk sınıflamasını anlamlı derecede geliştirdiğini vurgulamıştır (28).

4.55 mm'nin altındaki diyafram yer değiştirme değerlerinin, postoperatif yoğun bakım gereksinimi açısından güçlü bir eşik oluşturması, Chiappetta ve arkadaşlarının (2018)

diyafragmatik hareket kısıtlılığı yaşayan hastalarda pulmoner komplikasyon oranlarının yüksek olduğunu bildiren sonuçlarıyla da tutarlıdır (93). Ayrıca Glasbey ve ark. (2022) tarafından yürütülen sistematik derlemede, mevcut risk skorlama araçlarının sınırlı doğruluk sunduğu ve ultrason temelli fonksiyonel parametrelerin klinik karar destek sistemlerinde daha fazla yer alması gerektiği ifade edilmiştir (97).

Özetle, ROC analizimiz, preoperatif dönemde yapılan diyafram ultrasonografisinin multidisipliner hasta yönetiminde kritik bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle diyafram yer değiştirme ölçümü, cerrahi sonrası yoğun bakım ihtiyacını yüksek doğrulukla öngörebilen nadir parametrelerden biridir. Klinik pratiğe entegre edildiğinde, bu ölçümlerin kırılma skorlama sistemleri ve fiziksel performans testleriyle kombine kullanılması, bireyselleştirilmiş risk değerlendirmesini mümkün kılacaktır. Böylece yüksek riskli hastalarda erken dönemde proaktif önlemler alınarak komplikasyon oranları düşürülebilir (95,96).

Çalışmamızın en dikkat çekici sonuçlarından biri, preoperatif dönemde ölçülen dört farklı diyafragmatik parametrenin aynı anda değerlendirildiği çok değişkenli lojistik regresyon analizinin ortaya koyduğu güçlü prediktif ilişkiler olmuştur. Backward-Wald yöntemiyle gerçekleştirilen analizde, başlangıçta inspiyum sonu diyafram kalınlığı, ekspiyum sonu kalınlık, diyafram kalınlaşma fraksiyonu (DTF) ve diyafram yer değiştirme değişkenleri modele dahil edilmiştir. Modelin nihai aşamasında, yalnızca preoperatif ekspiyum sonu diyafram kalınlığı ve diyafram yer değiştirme ölçümleri hem yoğun bakıma yatış hem de postoperatif pulmoner komplikasyon gelişimiyle anlamlı ilişki göstermiştir.

Preoperatif ekspiyum sonu diyafram kalınlığındaki her 1 mm'lik artışın yoğun bakım ihtimalini yaklaşık 1,87 kat artırması ($p=0.006$) ve ayrıca postoperatif pulmoner komplikasyon olasılığını yaklaşık 12 kat artırması ($p=0.025$) oldukça çarpıcı bir bulgudur. Bu sonuç, diyafram kalınlığının tek başına pozitif bir prognostik parametre olmadığına, aksine bazı durumlarda hipertrofi ya da subklinik ödem gibi durumlar nedeniyle "maskelenmiş fonksiyon kaybını" temsil edebileceğine işaret etmektedir. Cavayas ve arkadaşları (2019), DTF'nin yanı sıra diyafram kalınlığının da preoperatif dönemde önemli ancak her zaman doğrudan kas performansını yansıtmayan bir ölçüt olduğunu belirtmiştir(28).

Diğer taraftan, diyafram yer değiştirme ölçümünün her 1 mm artışında yoğun bakım gereksiniminin yaklaşık %27 azalması ($OR=0.729$; $p<0.001$) ve pulmoner komplikasyon

riskinin %24 azalması (OR=0.760; p=0.001), yer değiştirmenin fonksiyonel rezervin daha doğrudan bir belirteci olduğunu gl biçiminde ortaya koymaktadır. Bu bulgu, Vezzani ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, diyafram yer değiştirme kısıtlılığının postoperatif ventilatör bağımlılığını ve komplikasyon oranlarını öngörmede en yüksek performansı sergileyen ölçüm olduğuna dair sonuçlarla büyük oranda örtüşmektedir(94). Ayrıca Chiappetta ve arkadaşları (2018), toraks cerrahisi sonrası diyafragmatik hareket aıklılığının rutin ultrasonografiyle ölçülmesinin komplikasyonları öngörmede yüksek duyarlılık sağladığıını bildirmiştir (93).

Bu çalışmada modelin en dikkat çeken diğer sonucu, preoperatif klinik değişkenler arasında yalnızca malignite öyküsü ve serebrovasküler olay (SVO)/iskemik inme öyküsünün yoğun bakıma yatışla anlamlı ilişki göstermesi olmuştur. Malignite varlığının yoğun bakıma yatış ihtimalini yaklaşık 9 kat (OR=9.000; p=0.021), SVO/iskemik atak öyküsünün ise yaklaşık 7 kat (OR=7.178; p=0.003) artırması, bu hasta grubunda preoperatif kırılgnlık ve rezerv kapasite kaybının klinik sonuçları belirleyen başlıca faktörlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Glasbey ve arkadaşları (2022) da geniş ölçekli kohort çalışmalarında, malignite ve nörolojik defisit öyküsünün bağımsız mortalite ve morbidite prediktörleri olduğunu belirtmiştir (97).

Buna karşılık hipertansiyon, diyabet, kalp yetmezliği, akciğer patolojileri ve aritmilerin anlamlı bir ilişki göstermemesi, güncel literatürde de zaman zaman tartışılan önemli bir konudur. Örneğin Malbrain ve ekibi, ileri yaş cerrahi hastalarında komorbiditelerin prognostik etkisinin çoğu zaman kırılgnlık ve fonksiyonel rezerv parametrelerine göre daha geri planda kalabileceğini, bu nedenle multidisipliner değerlendirmede öncelikle dinamik fonksiyonel parametrelere odaklanılması gerektiğini önermiştir(96).

Sonuç olarak, bu çalışmanın çok değişkenli analiz sonuçları, preoperatif ekspiryum sonu diyafram kalınlığı ve diyafram yer değiştirme ölçümlerinin, konvansiyonel klinik risk faktörlerinden bağımsız şekilde postoperatif yoğun bakım ihtiyacı ve pulmoner komplikasyon gelişimini öngörebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, Cavayas ve ark. (2019) ile Touw ve ark. (2019) tarafından vurgulanan diyafram fonksiyon ölçümlerinin prediktif değerine güçlü bir kanıt daha eklemektedir (28,95).

Özellikle yer değiştirme ölçümünün yüksek özgüllüğü ve anlamlı prediktif performansı, bu parametreyi preoperatif dönemde rutin risk değerlendirmesinin önemli bir

parçası haline getirebilir. Ayrıca, malignite ve SVO öyküsünün klinik önemi göz önünde bulundurularak bu hasta grubunda daha agresif takip ve proaktif önleyici stratejilerin (ör. solunum fizyoterapisi, preoperatif kas güçlendirme) uygulanması yararlı olabilir (96,97).

Sonuç olarak, bu çalışma, geriatrik ortopedik cerrahi hastalarında postoperatif komplikasyonların öngörülmesinde preoperatif dönemde uygulanan diyafram ve akciğer ultrasonografisinin değerli ve güvenilir araçlar olduğunu ortaya koymuştur. Diyafragmatik fonksiyon parametrelerinin akciğer parankim bulgularıyla birlikte değerlendirilmesi, komplikasyon gelişimini daha güçlü bir şekilde öngörmeyi mümkün kılmıştır. Kurulan regresyon modelinin öngörü gücü yüksek olmakla birlikte, yalnızca iki değişkenin (sistolik tansiyon ve el kavrama gücü) anlamlı çıkması; ileri yaş cerrahi hastalarında komplikasyon gelişiminin çok boyutlu, bireyselleşmiş ve dinamik bir süreç olduğunu açıkça göstermektedir. Bu doğrultuda, hem hemodinamik stabiliteyi yansıtan objektif göstergeler hem de fizyolojik rezervi değerlendiren fonksiyonel testlerin entegrasyonu, cerrahi riskin daha güvenilir biçimde belirlenmesine katkı sağlayabilir. Elde edilen bulgular, literatürle yüksek düzeyde uyum içinde olup, multidisipliner ve bütüncül bir preoperatif değerlendirme yaklaşımının benimsenmesinin, morbidite ve mortaliteyi azaltma yolunda kritik bir rol oynayacağını vurgulamaktadır. Bu bağlamda, ultrasonografinin klinik uygulamalarda daha yaygın, sistematik ve standart hale getirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

6.SONUÇ

Bu çalışma, geriatrik ortopedik cerrahi hastalarında preoperatif dönemde yapılan diyafragmatik ultrasonografi ölçümlerinin, postoperatif klinik seyrin öngörülmesinde anlamlı bir katkı sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Araştırma bulguları, diyafram kalınlığı ve kalınlaşma fraksiyonunun yanı sıra diyafram yer değiştirme kapasitesinin, cerrahi sonrası komplikasyon gelişimini ve yoğun bakım gereksinimini belirleme açısından önemli göstergeler olduğunu göstermektedir. Özellikle diyafram yer değiştirme parametresinin yüksek doğruluk oranlarıyla komplikasyon riskini önceden belirleyebilmesi, bu ölçümün klinik karar süreçlerinde ayrıcalıklı bir yere sahip olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmada elde edilen veriler, preoperatif diyafram kalınlığının tek başına değerlendirildiğinde sınırlı bir prediktif güce sahip olduğunu, ancak dinamik ölçümlerin eklenmesiyle prognostik öngörünün belirgin şekilde iyileştiğini göstermiştir. Diyafram yer değiştirmesi ve diyafram kalınlaşma fraksiyonunun, kas kontraktilesini ve fonksiyonel solunum rezervini daha doğrudan yansıması, bu parametreleri risk sınıflandırmasının temel unsurları haline getirmektedir. Özellikle yer değiştirme değerlerinin azalması, artan pulmoner komplikasyon oranları ile yakından ilişkili bulunmuş, bu durum solunum kaslarının cerrahi stres karşısında duyarlılığını ortaya koymuştur.

Bir diğer önemli bulgu, kırılabilirlik değerlendirmelerinin solunum kas fonksiyonlarıyla anlamlı ilişki göstermesidir. Çalışmada hem klinik kırılabilirlik indeksinin hem de fiziksel performansı yansıtan el kavrama gücünün diyafram fonksiyon parametreleriyle kuvvetli bağlantıları olduğu tespit edilmiştir. Bu ilişkiler, ileri yaş popülasyonunda fonksiyonel kapasitenin azalmasının, sadece motor performansı değil, aynı zamanda solunum rezervini de olumsuz etkilediğini düşündürmektedir. Preoperatif dönemde kırılabilirlik düzeylerinin diyafram performansına paralel şekilde düşmesi, multidisipliner bir yaklaşımın gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Çok değişkenli analizde yalnızca diyafram yer değiştirme ve ekspiryum sonu kalınlık ölçümlerinin komplikasyon gelişimiyle bağımsız olarak ilişkili bulunması, preoperatif ultrasonografinin öngörü kapasitesini güçlendirmektedir. Bu sonuç, rutin preoperatif değerlendirme protokollerine diyafragmatik ölçümlerin dahil edilmesinin, risk altındaki hastaların daha erken dönemde tanınmasına ve önleyici müdahale stratejilerinin uygulanmasına katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Ayrıca, malignite ve serebrovasküler hastalık öyküsünün komplikasyon oranlarını anlamlı şekilde yükseltmesi,

sadece anatomik ve fonksiyonel ölçümlere değil, kapsamlı klinik hikâyeye de odaklanması gerekliliğini desteklemektedir.

Araştırmanın bir diğer dikkate değer çıktısı, preoperatif düşük sistolik kan basıncı değerlerinin postoperatif komplikasyon ve uzamış hastane yatışıyla bağlantılı bulunmasıdır. Bu bulgu, hemodinamik rezervin kısıtlı olduğu kırılğan hasta grubunda doku perfüzyonunun cerrahi stres altında yetersiz kalabileceğini düşündürmektedir. Klinik pratiğe yönelik olarak, sadece hipertansiyon değil, düşük-normal tansiyon değerlerinin de özenle izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmalıdır.

Serviste ve yoğun bakım ünitesinde kalış sürelerinin komplikasyon gelişen hastalarda anlamlı şekilde uzun bulunması hem hasta iyilik halini hem sağlık sistemi kaynak kullanımını etkileyen kritik bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, fonksiyonel kapasitenin erken dönemde doğru biçimde tanımlanmasının klinik, ekonomik ve lojistik sonuçlar açısından stratejik önemini ortaya koymaktadır. Diyafram yer değiştirme ölçümünün, yüksek doğruluk oranı sayesinde bu tanımlamada en önemli araçlardan biri olarak ön plana çıkması dikkat çekicidir.

Sonuç olarak, bu çalışma diyafram ultrasonografisinin preoperatif risk analizinde güçlü bir tamamlayıcı yöntem olduğunu ve kırılğanlık değerlendirmesi, kas gücü ölçümleri ve hemodinamik parametrelerle birlikte kullanıldığında çok boyutlu bir öngörü platformu oluşturabileceğini göstermektedir. Bu bütüncül yaklaşımın benimsenmesi, komplikasyon oranlarının azaltılmasına, yoğun bakım sürelerinin kısaltılmasına ve cerrahi süreçlerin hasta merkezli bir anlayışla yönetilmesine katkıda bulunacaktır.

Elde edilen bulgular, ileri yaş cerrahi hastalarında yalnızca anatomik değerlendirmelere değil, dinamik fonksiyonel parametrelere ve kırılğanlık ölçümlerine dayanan bütünleşmiş stratejilerin gerekliliğini güçlü şekilde desteklemektedir. Diyafram ultrasonografisinin klinik pratiğe yaygın biçimde entegre edilmesi, daha güvenli, öngörülebilir ve bireyselleştirilmiş bakım modellerinin temel taşlarından biri haline gelmelidir.

7.KAYNAKLAR

1. Smetana GW, Lawrence VA, Cornell JE. Preoperative pulmonary risk stratification for noncardiothoracic surgery: Systematic review for the American College of Physicians. Vol. 144, *Annals of Internal Medicine*. American College of Physicians; 2006. p. 581–95.
2. Tuna ME, Akgün M. Preoperative pulmonary evaluation to prevent postoperative pulmonary complications. *Anesthesiology and Perioperative Science*. 2023 Oct;1.
3. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative Diagnostic Performances of Auscultation, Chest Radiography, and Lung Ultrasonography in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology*. 2004 Jan;100:9–15.
4. Nafae R, Eman SR, Mohamad NA, El-Ghamry R, Ragheb AS. Adjuvant role of lung ultrasound in the diagnosis of pneumonia in intensive care unit-patients. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*. 2013 Apr;62:281–5.
5. Tolsma M, Rijpstra TA, Rosseel PMJ, Scohy T V., Bentala M, Mulder PGH, et al. Defining indications for selective chest radiography in the first 24 hours after cardiac surgery. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2015;150:225–9.
6. Zanobetti M, Poggioni C, Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest*. 2011 May;139:1140–7.
7. Cardinale L, Volpicelli G, Binello F, Garofalo G, Priola SM, Veltri A, et al. Applicazione clinica dell'ecografia polmonare nel paziente con dispnea acuta: Diagnosi differenziale tra cause cardiogene e polmonari. Vol. 114, *Radiologia Medica*. 2009. p. 1053–64.
8. Zanobetti M, Poggioni C, Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest*. 2011 May 1;139(5):1140–7.
9. Cortellaro F, Colombo S, Coen D, Duca PG. Lung ultrasound is an accurate diagnostic tool for the diagnosis of pneumonia in the emergency department. *Emergency Medicine Journal*. 2012 Jan;29:19–23.

10. Akhtar S. Pharmacological considerations in the elderly. Vol. 31, *Current Opinion in Anaesthesiology*. Lippincott Williams and Wilkins; 2018. p. 11–8.
11. Chow WB, Rosenthal RA, Merkow RP, Ko CY, Esnaola NF. Optimal preoperative assessment of the geriatric surgical patient: A best practices guideline from the American college of surgeons national surgical quality improvement program and the American geriatrics society. *J Am Coll Surg*. 2012 Oct;215:453–66.
12. Khan KT, Hemati K, Donovan AL. Geriatric Physiology and the Frailty Syndrome. Vol. 37, *Anesthesiology Clinics*. W.B. Saunders; 2019. p. 453–74.
13. Alvis BD, Hughes CG. Physiology Considerations in Geriatric Patients. Vol. 33, *Anesthesiology Clinics*. W.B. Saunders; 2015. p. 447–56.
14. Berger M, Nadler JW, Browndyke J, Terrando N, Ponnusamy V, Cohen HJ, et al. Postoperative Cognitive Dysfunction. Minding the Gaps in Our Knowledge of a Common Postoperative Complication in the Elderly. Vol. 33, *Anesthesiology Clinics*. W.B. Saunders; 2015. p. 517–50.
15. Zhao S, Wang B, Liu M, Yu D, Li J. The impact of preoperative frailty on perioperative neurocognitive disorders in elderly patients: A systematic review and meta-analysis. *J Res Med Sci*. 2024;29:47.
16. Akhtar S, Ramani R. Geriatric Pharmacology. Vol. 33, *Anesthesiology Clinics*. W.B. Saunders; 2015. p. 457–69.
17. Peden CJ, Miller TR, Deiner SG, Eckenhoff RG, Fleisher LA. Improving perioperative brain health: an expert consensus review of key actions for the perioperative care team. *Br J Anaesth*. 2021 Feb;126:423–32.
18. Dalton A, Zafirova Z. Preoperative Management of the Geriatric Patient: Frailty and Cognitive Impairment Assessment. Vol. 36, *Anesthesiology Clinics*. W.B. Saunders; 2018. p. 599–614.
19. Sillner AY, McConeghy RO, Madrigal C, Culley DJ, Arora RC, Rudolph JL. The association of a frailty index and incident delirium in older hospitalized patients: An observational cohort study. *Clin Interv Aging*. 2020;15:2053–61.

20. Samuel M, Inouye SK, Robinson T, Blaum C, Busby-Whitehead J, Boustani M, et al. American Geriatrics Society abstracted clinical practice guideline for postoperative delirium in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2015 Jan;63:142–50.
21. Evered L, Silbert B, Knopman DS, Scott DA, DeKosky ST, Rasmussen LS, et al. Recommendations for the Nomenclature of Cognitive Change Associated with Anaesthesia and Surgery-2018. *Anesthesiology.* 2018 Nov;129:872–9.
22. Costa-Martins I, Carreteiro J, Santos A, Costa-Martins M, Artilheiro V, Duque S, et al. Post-operative delirium in older hip fracture patients: a new onset or was it already there? *Eur Geriatr Med.* 2021 Aug;12:777–85.
23. Guay J, Parker MJ, Gajendragadkar PR, Kopp S. Anaesthesia for hip fracture surgery in adults. Vol. 2016, *Cochrane Database of Systematic Reviews.* John Wiley and Sons Ltd; 2016.
24. Nakhaie M, Tsai A. Preoperative Assessment of Geriatric Patients. Vol. 33, *Anesthesiology Clinics.* W.B. Saunders; 2015. p. 471–80.
25. Alvis BD, Hughes CG. Physiology Considerations in Geriatric Patients. Vol. 33, *Anesthesiology Clinics.* W.B. Saunders; 2015. p. 447–56.
26. Safavynia SA, Goldstein PA. The Role of Neuroinflammation in Postoperative Cognitive Dysfunction: Moving From Hypothesis to Treatment. *Front Psychiatry.* 2018;9:752.
27. Vetrugno L, Boero E, Bignami E, Cortegiani A, Raineri SM, Spadaro S, et al. Association between preoperative evaluation with lung ultrasound and outcome in frail elderly patients undergoing orthopedic surgery for hip fractures: study protocol for an Italian multicenter observational prospective study (LUSHIP). *Ultrasound J.* 2021 Jun;13:30.
28. Cavayas YA, Eljaiek R, Rodrigue É, Lamarche Y, Girard M, Wang HT, et al. Preoperative Diaphragm Function Is Associated with Postoperative Pulmonary Complications after Cardiac Surgery. *Crit Care Med.* 2019 Dec;47:e966–74.
29. McCool FD, Tzelepis GE. PNEUMO - TIPED - Dysfunction of the diaphragm. *N Engl J Med.* 2012 Mar;366:932–42.

30. Rockwood K, Song X, MacKnight C, Bergman H, Hogan DB, McDowell I, et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *CMAJ Canadian Medical Association Journal*. 2005 Aug;173:489–95.
31. Lin HS, Watts JN, Peel NM, Hubbard RE. Frailty and post-operative outcomes in older surgical patients: A systematic review. Vol. 16, *BMC Geriatrics*. BioMed Central Ltd.; 2016.
32. Zhang HT, Tan N, Gao Y, She KY, Luo Q, Yao KR, et al. Prediction of postoperative mortality in older surgical patients by clinical frailty scale: A systematic review and meta-analysis. *Geriatr Nurs*. 2024;59:581–9.
33. Ricoy J, Rodríguez-Núñez N, Álvarez-Dobaño JM, Toubes ME, Riveiro V, Valdés L. Diaphragmatic dysfunction. Vol. 25, *Pulmonology*. Elsevier Espana S.L.U; 2019. p. 223–35.
34. Nekludova G V., Avdeev SN. Possibilities of ultrasound research of the diaphragm. *Ter Arkh*. 2019;91:86–92.
35. Vetrugno L, Orso D, Bove T. Ultrasound of the diaphragm—an essential tool for pulmonologists and intensivists. Vol. 46, *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia; 2020. p. 1–2.
36. Rouby JJ, Puybasset L, Cluzel P, Richecoeur J, Lu Q, Grenier P. Regional distribution of gas and tissue in acute respiratory distress syndrome. II. Physiological correlations and definition of an ARDS severity score. *Intensive Care Med*. 2000;26:1046–56.
37. Boëchat MCB, de Mello RR, Dutra MVP, da Silva KS, Daltro P, Marchiori E. Intra and interobserver reliability of the interpretation of high-resolution computed tomography on the lungs of premature infants. *Sao Paulo Medical Journal*. 2010;128:130–6.
38. Beckmann U, Gillies DM, Berenholtz SM, Wu AW, Pronovost P. Incidents relating to the intra-hospital transfer of critically ill patients: An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. Vol. 30, *Intensive Care Medicine*. 2004. p. 1579–85.

39. Syrjälä H, Broas M, Suramo I, Ojala A, Lähde S. High-resolution computed tomography for the diagnosis of community- acquired pneumonia. *Clinical Infectious Diseases*. 1998;27:358–63.
40. Bartrum RJ. Ultrasound instrumentation. *Crit Rev Diagn Imaging*. 1986;25:279–303.
41. Ho B, Fang CG. Ultrasound imaging techniques. *Biomed Sci Instrum*. 1983;Vol. 19:1–2.
42. McCormick TJ, Miller EC, Chen R, Naik VN. Acquiring and maintaining point-of-care ultrasound (POCUS) competence for anesthesiologists. Vol. 65, *Canadian Journal of Anesthesia*. Springer New York LLC; 2018. p. 427–36.
43. Shriki J. Ultrasound physics. Vol. 30, *Critical Care Clinics*. 2014. p. 1–24.
44. Meng Y, Chen G, Huang M. Piezoelectric Materials: Properties, Advancements, and Design Strategies for High-Temperature Applications. Vol. 12, *Nanomaterials*. MDPI; 2022.
45. The British Medical Ultrasound Society. Guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound equipment Part I: Basic guidelines [Internet]. Available from: www.bmus.org
46. Lawrence JP. Physics and instrumentation of ultrasound. Vol. 35, *Critical Care Medicine*. 2007.
47. Ho CY, Solomon SD. A clinician’s guide to tissue doppler imaging. Vol. 113, *Circulation*. 2006.
48. Chakraborty A, Ashokka B. *A Practical Guide to Point of Care Ultrasound (POCUS)*. A Practical Guide to Point of Care Ultrasound (POCUS). Springer Nature; 2022. 1–201 p.
49. Amo Wiafe Y, Badu-Peprah A. The Influence of Ultrasound Equipment Knobology in Abdominal Sonography. In: *Essentials of Abdominal Ultrasound*. IntechOpen; 2019.
50. https://books.google.com.tr/books/about/Ultrasound_Guided_Regional_Anesthesia.

html?id=YwlpAgAAQBAJ&redir_esc=y [Internet]. Ultrasound Guided Regional Anesthesia.

51. Soni NJ, Franco R, Velez MI, Schnobrich D, Dancel R, Restrepo MI, et al. Ultrasound in the diagnosis and management of pleural effusions. Vol. 10, *Journal of Hospital Medicine*. John Wiley and Sons Inc.; 2015. p. 811–6.
52. Chiumello D, Froio S, Coppola S. Update on lung imaging to select ventilatory management in ARDS patients. In: *Practical Issues in Anesthesia and Intensive Care 2013*. Springer-Verlag Milan; 2014. p. 81–102.
53. Lichtenstein D. Novel approaches to ultrasonography of the lung and pleural space: Where are we now? Vol. 13, *Breathe*. European Respiratory Society; 2017. p. 100–11.
54. Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, Kondili E, Plataki M, Patrianakos A, et al. Lung ultrasound in critically ill patients: Comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med*. 2011 Sep;37:1488–93.
55. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. Vol. 11, *Critical Care*. 2007.
56. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134:117–25.
57. Pivetta E, Goffi A, Lupia E, Tizzani M, Porrino G, Ferreri E, et al. Lung ultrasound-implemented diagnosis of acute decompensated heart failure in the ED: A SIMEU multicenter study. *Chest*. 2015 Jul;148:202–10.
58. Lichtenstein DA, DA, GM, & CYA. Lung ultrasound in the critically ill – The BLUE protocol. 2016. 200–207 p.
59. Soni NJ, AR, & KP. Point of care ultrasound. 2015. 53–53 p.
60. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134:117–25.
61. Goffi A, Kruisselbrink R, Volpicelli G. The sound of air: point-of-care lung ultrasound in perioperative medicine. Vol. 65, *Canadian Journal of Anesthesia*. Springer New York LLC; 2018. p. 399–416.

62. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. Vol. 4, *Annals of Intensive Care*. Springer Verlag; 2014. p. 1–12.
63. Efremov SM, Kuzkov V V., Fot E V., Kirov MY, Ponomarev DN, Lakhin RE, et al. Lung Ultrasonography and Cardiac Surgery: A Narrative Review. Vol. 34, *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. W.B. Saunders; 2020. p. 3113–24.
64. Kruisselbrink R, Chan V, Cibinel GA, Abrahamson S, Goffi A. I-AIM (Indication, Acquisition, Interpretation, Medical Decision-making) Framework for Point of Care Lung Ultrasound. Vol. 127, *Anesthesiology*. Lippincott Williams and Wilkins; 2017. p. 568–82.
65. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. In: *Intensive Care Medicine*. 2012. p. 577–91.
66. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: A useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound*. 2008;6.
67. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. “Ultrasound comet-tail images”: A marker of pulmonary edema - A comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest*. 2005;127:1690–5.
68. Lichtenstein D, LN, PS, & MG. The “lung pulse”: An early ultrasound sign of complete atelectasis. In: *Intensive Care Medicine*. 2003. p. 2187–92.
69. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The “lung point”: An ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med*. 2000;26:1434–40.
70. Lichtenstein DA, Mezière GA. The BLUE-points: Three standardized points used in the BLUE-protocol for ultrasound assessment of the lung in acute respiratory failure. *Crit Ultrasound J*. 2011 Aug;3:109–10.
71. Lichtenstein D, Mezière G, Seitz J. The dynamic air bronchogram: A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009 Jun;135:1421–5.
72. American Society of Anesthesiologists Task Force on Postanesthetic Care. Practice guidelines for postanesthetic care: An updated report by the American Society of

- Anesthesiologists Task Force on Postanesthetic Care. In: *Anesthesiology*. 2013. p. 291–307.
73. Nilam J. Soni RA ve PK. *Point-of-care ultrasound*. Elsevier; 2019.
 74. Kılıçaslan A. *Yoğun Bakım Uygulamalarında Ultrasonografi*. 2019.
 75. Miger KC, Fabricius-Bjerre A, Maschmann CP, Wamberg J, Winkler Wille MM, Abild-Nielsen AG, et al. Clinical Applicability of Lung Ultrasound Methods in the Emergency Department to Detect Pulmonary Congestion on Computed Tomography. *Ultraschall in der Medizin*. 2021 Jun;42:21–30.
 76. Papazian L, Calfee CS, Chiumello D, Luyt CE, Meyer NJ, Sekiguchi H, et al. Diagnostic workup for ARDS patients. Vol. 42, *Intensive Care Medicine*. Springer Verlag; 2016. p. 674–85.
 77. Mazo V, Sabaté S, Canet J, Gallart L, De Abreu MG, Belda J, et al. Prospective external validation of a predictive score for postoperative pulmonary complications. *Anesthesiology*. 2014;121:219–31.
 78. Dahmarde H, Parooie F, Salarzai M. Accuracy of Ultrasound in Diagnosis of Pneumothorax: A Comparison between Neonates and Adults - A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 2019, *Canadian Respiratory Journal*. Hindawi Limited; 2019.
 79. Oveland NP, Lossius HM, Aagaard R, Connolly J, Sloth E, Knudsen L. Animal laboratory training improves lung ultrasound proficiency and speed. *Journal of Emergency Medicine*. 2013 Sep;45.
 80. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The “lung point”: An ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med*. 2000;26:1434–40.
 81. Rodriguez Lima DR, YAF, BJCI, MDMA, & PRDI. Real-time ultrasound-guided thoracentesis in the intensive care unit: Prevalence of mechanical complications. *Ultrasound J*. 2020;
 82. Yang PC, Luh KT, Chang DB, Wu HD, Yu CJ, Kuo SH. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: Analysis of 320 cases. *American Journal of Roentgenology*. 1992;159:29–33.

83. Trezzi M, Torzillo D, Ceriani E, Costantino G, Caruso S, Damavandi PT, et al. Lung ultrasonography for the assessment of rapid extravascular water variation: Evidence from hemodialysis patients. *Intern Emerg Med*. 2013 Aug;8:409–15.
84. Turner JP, Dankoff J. Thoracic ultrasound. *Emerg Med Clin North Am*. 2012 May;30:451–73, ix.
85. Şenoğlu N. Olgularla yoğun bakım protokolleri. Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti.; 2019.
86. Lichtenstein DA, Mezière G, Lascols N, Biderman P, Courret JP, Gepner A, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med*. 2005 Jun;33:1231–8.
87. Lichtenstein DA. Whole body ultrasonography in the critically ill. *Whole Body Ultrasonography in the Critically Ill*. Springer Berlin Heidelberg; 2010. 1–326 p.
88. Mojoli F, Bouhemad B, Mongodi S, Lichtenstein D. Lung ultrasound for critically ill patients. Vol. 199, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. American Thoracic Society; 2019. p. 701–14.
89. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2004 Feb;30:276–81.
90. Van Der Werf TS, Zijlstra JG. Ultrasound of the lung: Just imagine. Vol. 30, *Intensive Care Medicine*. 2004. p. 183–4.
91. Toledo DO, De Lima e Silva DC, Dos Santos DM, De Freitas BJ, Dib R, Cordioli RL, et al. Bedside ultrasound is a practical measurement tool for assessing muscle mass. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2017 Oct;29:476–80.
92. Torbic H. Management of Pulmonary Arterial Hypertension in the ICU. *J Pharm Pract*. 2019 Jun;32:303–13.
93. Chiappetta M, Meacci E, Cesario A, Smargiassi A, Inchingolo R, Petracca Ciavarella L, et al. Postoperative chest ultrasound findings and effectiveness after thoracic surgery: A pilot study. *Ultrasound Med Biol*. 2018 Sep;44:1960–7.
94. Zielinska M, Bartkowska-Sniatkowska A, Schindler E. Hypertension at admission to PICU — Does high mean high? Vol. 41, *Anaesthesia Critical Care and Pain Medicine*. Elsevier Masson s.r.l.; 2022.

95. Touw HR, Schuitemaker AE, Daams F, van der Peet DL, Bronkhorst EM, Schober P, et al. Routine lung ultrasound to detect postoperative pulmonary complications following major abdominal surgery: a prospective observational feasibility study. *Ultrasound Journal*. 2019 Dec;11.
96. Malbrain MLNG, Langer T, Annane D, Gattinoni L, Elbers P, Hahn RG, et al. Intravenous fluid therapy in the perioperative and critical care setting: Executive summary of the International Fluid Academy (IFA). Vol. 10, *Annals of Intensive Care*. Springer; 2020.
97. Kouli O, Murray V, Bhatia S, Cambridge WA, Kawka M, Shafi S, et al. Evaluation of prognostic risk models for postoperative pulmonary complications in adult patients undergoing major abdominal surgery: a systematic review and international external validation cohort study. *Lancet Digit Health*. 2022 Jul;4:e520–31.
98. Cortellaro F, Ceriani E, Spinelli M, Campanella C, Bossi I, Coen D, et al. Lung ultrasound for monitoring cardiogenic pulmonary edema. *Intern Emerg Med*. 2017 Oct;12:1011–7.
99. Brueckmann B, Villa-Uribe JL, Bateman BT, Grosse-Sundrup M, Hess DR, Schlett CL, et al. Development and validation of a score for prediction of postoperative respiratory complications. *Anesthesiology*. 2013 Jun;118:1276–85.
100. Vezzani A, Manca T, Brusasco C, Santori G, Valentino M, Nicolini F, et al. Diagnostic value of chest ultrasound after cardiac surgery: A comparison with chest X-ray and auscultation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014 Dec;28:1527–32.