



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ
VETERİNER FAKÜLTESİ
CERRAHİ ANABİLİM DALI



**AKCİĞER LOBU KAMA (WEDGE) REZEKSİYONUNDA
NON-KONTAKT DİYOD LAZER UYGULAMALARININ ANLIK VE
POSTOPERATİF ERKEN DÖNEM SONUÇLARININ
ARAŞTIRILMASI**

VİLDAN ASLAN

DOKTORA TEZİ

BURSA-2022





T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
VETERİNER FAKÜLTESİ
CERRAHİ ANABİLİM DALI



**AKCİĞER LOBU KAMA (WEDGE) REZEKSİYONUNDA
NON-KONTAKT DİYOD LAZER UYGULAMALARININ ANLIK VE
POSTOPERATİF ERKEN DÖNEM SONUÇLARININ ARAŞTIRILMASI**

Vildan ASLAN

(DOKTORA TEZİ)

**DANIŞMAN:
Prof.Dr.Dr. Hakan SALCI**

BURSA-2022

**T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ETİK BEYANI

Doktora tezi olarak sunduğum “Akciğer Lobu Kama (Wedge) Rezeksiyonunda Non-Kontakt Diyod Lazer Uygulamalarının Anlık ve Postoperatif Erken Dönem Sonuçlarının Araştırılması” adlı çalışmanın, proje safhasından sonuçlanmasına kadar geçen bütün süreçlerde bilimsel etik kurallarına uygun bir şekilde hazırlandığını ve yararlandığım eserlerin kaynaklar bölümünde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir ve beyan ederim.

Vildan ASLAN

23/06/2022

TEZ KONTROL ve BEYAN FORMU

23/06/2022

Adı Soyadı: Vildan ASLAN

Anabilim Dalı: Veteriner Cerrahi

Tez Konusu: Akciğer Lobu Kama (Wedge) Rezeksiyonunda Non-Kontakt Diyod Lazer Uygulamalarının Anlık ve Postoperatif Erken Dönem Sonuçlarının Araştırılması

<u>ÖZELLİKLER</u>	<u>UYGUNDUR</u>	<u>UYGUN DEĞİLDİR</u>	<u>AÇIKLAMA</u>
Tezin Boyutları	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dış Kapak Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
İç Kapak Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kabul Onay Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sayfa Düzeni	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
İçindekiler Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yazı Karakteri	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Satır Aralıkları	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Başlıklar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sayfa Numaraları	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Eklerin Yerleştirilmesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tabloların Yerleştirilmesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kaynaklar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

DANIŞMAN ONAYI

Unvanı Adı Soyadı: Prof.Dr.Dr. Hakan SALCI

İmza:

İÇİNDEKİLER

DIŞ KAPAK	
İÇ KAPAK	
ETİK BEYAN	II
KABUL ONAY	III
TEZ KONTROL BEYAN FORMU	IV
İÇİNDEKİLER	V
TÜRKÇE ÖZET	VIII
İNGİLİZCE ÖZET	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Thorax'ın Anatomisi	4
2.1.1. Pleura	6
2.1.2. Mediastinum.....	7
2.1.3. Akciğerler.....	8
2.1.3.1. Trachea ve Bronchial Dallanma.....	9
2.1.3.2. Pulmoner Damarlar	10
2.2. Solunum Sistemi Fizyolojisi	11
2.2.1. Solunum Sisteminin Fonksiyonları	11
2.2.2. Solunum Mekanizması.....	11
2.2.2.1. İnspirasyon Mekanizması.....	11
2.2.2.2. Ekspirasyon Mekanizması	12
2.2.3. Solunum Tipleri	12
2.2.4. Solunum Basınçları	13
2.2.4.1. İntrapulmoner veya İntraalveoler Basınç	13
2.2.4.2. İntraplevral ya da İntratorakal Basınç	13
2.2.5. Akciğer Volümü ve Kapasiteleri.....	14
2.2.6. Akciğer Yüzey Gerilimi.....	14
2.2.7. Akciğer Kompliyansı	15
2.2.8. Akciğer Ventilasyonu.....	16
2.2.8.1. Ölü Boşluk	16
2.2.8.2. Alveoler Ventilasyon	16
2.2.8.3. Ventilasyon-Perfüzyon İlişkisi.....	17
2.2.9. Solunumun Sinirsel Denetimi	17
2.3. Toraks Bölgesi Hastalıkları	19
2.3.1. Kongenital Toraks Hastalıkları	19
2.3.2. Travmatik Toraks Hastalıkları	19
2.3.3. Non-travmatik Toraks Hastalıkları	20
2.4. Akciğere Spesifik Cerrahi Hastalıklar	20
2.5. Toraksın İncelenmesinde Kullanılan Görüntülü Tanı Yöntemleri	23
2.5.1. Radyolojik Muayene	23
2.5.1.1. Akciğer Patolojilerinin Radyografik Bulguları.....	25
2.5.2. Ultrasonografik Muayene.....	26
2.5.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	27
2.5.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG).....	27
2.5.5. Endoskopik Muayene.....	28
2.6. Toraks Cerrahisinde Anestezi	29
2.7. Toraks Cerrahisinde Analjezi	31

2.8. Torakotomi ve Torakotomi Teknikleri	32
2.8.1. Torakotomi Teknikleri	32
2.8.1.1. Lateral İntercostal Torakotomi.....	32
2.8.1.2. Costa Rezeksiyonu Yolu ile Lateral Torakotomi.....	34
2.8.1.3. Transsternal Torakotomi	34
2.8.1.4. Median Sternotomi ile Torakotomi.....	34
2.8.1.5. Costa Pivot Torakotomi	35
2.8.1.6. Transdiyaframatik Torakotomi	35
2.9. Akciğer Rezeksiyon Teknikleri	35
2.10. Toraks Cerrahisi Sonrası Bakım	37
2.11. Toraks Cerrahisinin Komplikasyonları	37
2.12. Lazer Işığ ve Lazer Işığının Çalışma Prensibi	38
2.13. Lazer Doku Etkileşimi	40
2.14. Akciğer Dokusunda Lazer Kullanımı	43
2.15. Akciğer Dokusunda Kullanılan Lazer Çeşitleri	44
2.15.1. Nd: YAG Lazer	44
2.15.2. Talyum (Thulium) Lazer.....	44
2.15.3. Diyod Lazer.....	45
2.16. Akciğer Rezeksiyonu Sonrası Laboratuvar Muayenesi	46
2.16.1. Kan Gazı Analizi.....	46
2.16.2. Biyobelirteçler.....	46
2.16.3. Histopatolojik İnceleme	47
3. GEREÇ VE YÖNTEM	48
3.1. Klinik Muayene	48
3.2. Hematolojik Analizler.....	48
3.3. Biyobelirteç Analizleri	49
3.4. Kan Gazı Analizleri	49
3.5. Radyolojik Muayene	49
3.6. Preoperatif Dönem	50
3.7. Anestezi	50
3.8. Cerrahi Teknik	51
3.8.1. Torakotomi Tekniği	51
3.8.2. Akciğer Rezeksiyon Tekniği.....	51
3.9. Postoperatif Dönem.....	53
3.10. Histopatolojik İnceleme	54
3.11. İstatistiksel Yöntem.....	55
4. BULGULAR	57
4.1. Klinik Muayene Bulguları.....	57
4.2. Hematolojik Bulgular	58
4.3. Biyobelirteç Bulguları.....	61
4.3.1. IL-1 β Bulguları	61
4.3.2. IL-8 Bulguları.....	62
4.3.3. VEGF Bulguları	65
4.4. Kan Gazı Bulguları	67
4.5. Radyolojik Muayene Bulguları.....	68
4.6. İnteroperatif Bulgular	77
4.7. Histopatolojik Bulgular	79
4.7.1. Makroskopik Bulgular	79

4.7.2. Mikroskopik Bulgular	80
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	88
6. KAYNAKLAR	100
7. SİMGELER VE KISALTMALAR	108
8. EKLER.....	111
9. TEŞEKKÜR	113
10. ÖZGEÇMİŞ.....	114



TÜRKÇE ÖZET

Bu çalışmada, akciğer lobu kama (wedge) rezeksiyonunda non-kontakt 980 nm diyod lazerin anlık ve postoperatif erken dönemdeki radyolojik, laboratuvar ve histopatolojik bulgularının araştırılması amaçlandı. Çalışmada Yeni Zelanda ırkı tavşan kullanıldı ve (n=21) 3 gruba (n=7) ayrıldı. Sol torakotomi sonrası cranial akciğer lobunda, grup I'de (GRI) 15 watt/cm², grup II'de (GRII) 10 watt/cm² ve grup III'te (GRIII) 5 watt/cm² güç yoğunluğu kullanılarak kama rezeksiyon yapıldı. Preoperatif ve postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerde klinik ve radyolojik muayeneler ile preoperatif, 1, 7 ve 15. günlerde hematolojik, biyobelirteç, kan gazı analizleri yapıldı. Tavşanlar 0. gün ve sakrifiye edildikten sonra 15. günde alınan akciğer doku örneklerinin histopatolojisi incelendi. Verilere istatistik uygulandı. Respirasyon'un GRI'de postoperatif süreçte arttığı gözlemlendi ve 0. günde GRII ile GRI ve GRIII arasında ($p=0,009$, $p<0,001$) fark anlamlıydı. WBC, Neu, Eos, Bas, PLT değerleri tüm grup ve zamanlarda referans aralığındaydı. IL-1 β , GRI ve GRIII'te 15. günde artarken, istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$). IL-8 değeri GRII'de postoperatif süreçte artarken, ölçüm zamanlarına göre preoperatif ile 1. gün ($p=0,006$) ve 1 ile 7. gün arasındaki ($p=0,018$) fark anlamlıydı. VEGF değerinin diğer gruplara göre GRII'de 1. günde artarak 15. günde hafif oranda azaldığı görülürken, 15. günde anlamlı farklılık GRI ve GRII arasında saptandı ($p=0,013$). PaCO₂, GRI'de 1. gün, PaO₂, GRI'de 1, 7, 15. gün ve SpO₂ GRI'de 1 ve 7. günde referans değer üzerindeydi. GRII'de PaO₂ için, preoperatif ve 1. gün arasında ($p=0,026$) fark anlamlıydı. Akciğer deseni yönünden anlamlı farklılık, 1. günde GRI ile GRIII ($p=0,03$) ve GRII ile GRIII ($p=0,018$) arasında belirlendi. Karbonizasyon zonu için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında ($p=0,011$, $p=0,004$), koagülasyon zonu için GRI ile GRII arasında ($p=0,019$) anlamlı farklılık saptandı. Fibroplazi miktarı için 15. günde GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII ($p=0,015$, $p=0,002$) arasındaki fark anlamlıydı. Sonuç olarak; anlık ve erken postoperatif dönemdeki bulgular değerlendirildiğinde, akciğer dokusunun anatomik ve fizyolojik yapısını koruyacak en etkin lazer modunun, 980 nm dalga boyu, 15 watt/cm², non-kontakt mod, ortalama 60 sn süre ve 900 joule olduğu söylenebilir.

Anahtar Sözcükler: Akciğer lobu, kama rezeksiyon, diyod lazer, lazer cerrahisi, tavşan

İNGİLİZCE ÖZET

Investigation of Instant and Postoperative Early Stage Results of Non-contact Diode Laser Applications in Lung Lobe Wedge Resection

In this study, it was aimed to investigate the radiological, laboratory and histopathological findings of the non-contact 980 nm diode laser in the lung lobe wedge resection in the instant and early postoperative period. New Zealand rabbits were used in the study and (n=21) were divided into 3 groups (n=7). After left thoracotomy, wedge resection was performed in the cranial lung lobe using a power density of 15 watts/cm² in group I (GRI), 10 watts/cm² in group II (GRII) and 5 watts/cm² in group III (GRIII). Clinical and radiological examinations were performed on preoperatively and postoperative days 0, 1, 7 and 15, and hematological, biomarker and blood gas analyzes were performed on preoperatively and postoperative days 1, 7 and 15. The histopathology of the lung tissue samples taken from the rabbits on day 0 and on the 15th day after sacrifice was examined. Statistics were applied to the data. Respiration was observed to increase in GRI in the postoperative period, and the difference between GRII and GRI and GRIII ($p=0.009$, $p<0.001$) was significant on day 0. WBC, Neu, Eos, Bas, PLT values were within the reference range for all groups and times. While IL-1 β increased at day 15 in GRI and GRIII, it was not statistically significant ($p>0.05$). While IL-8 value increased in GRII in the postoperative period, the difference between preoperative and day 1 ($p=0.006$) and day 1 and 7 ($p=0.018$) was significant according to measurement times. It was observed that the VEGF value increased on the 1st day in GRII compared to the other groups and decreased slightly on the 15th day, while a significant difference was found between the GRI and GRII on the 15th day ($p=0.013$). PaCO₂ was above baseline at day 1 on GRI, PaO₂ on day 1, 7, and 15 on GRI, and SpO₂ on day 1 and 7 on GRI. For PaO₂ in GRII, the difference between preoperative and day 1 ($p=0.026$) was significant. Significant difference in lung pattern was determined between GRI and GRIII ($p=0.03$), GRII and GRIII ($p=0.018$) on day 1. There was a significant difference between GRI and GRIII, GRII and GRIII for the carbonization zone ($p=0.011$, $p=0.004$), and between GRI and GRII for the coagulation zone ($p=0.019$). The difference between GRI and GRIII, GRII and GRIII ($p=0.015$, $p=0.002$) at day 15 was significant for fibroplasia. As a conclusion, when the findings in the immediate and early postoperative period are evaluated, it can be said that the most effective laser mode that will protect the anatomical and physiological structure of the lung tissue is 980 nm wavelength, 15 watt/cm², non-contact mode, 60 sec duration and 900 joules.

Key words: Lung lobe, wedge resection, diode laser, laser surgery, rabbit

1. GİRİŞ

Modern tıpta, minimal invazif tedavi modellerine ilginin artmasıyla birlikte çeşitli patolojilerin cerrahi tedavisinde lazer kullanımını ön plana çıkarmıştır (Azadgoli, & Baker, 2016). İnsan hekimliğinde cerrahi ve terapötik amaçlı lazerlerin kullanımı, 1960'lı yılların başına dayanmaktadır. Veteriner hekimlikte ise lazer uygulamaları, ekipmanının pahalı olması nedeniyle 1980'lerin ortalarına kadar gecikmiştir. Son yıllarda, teknoloji ve ekipmandaki hızlı gelişmeler ve lazerin birçok avantajının keşfi, insan tıbbında ve veteriner hekimlikte lazerin kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır (Dinç, & Or, 2014; Fesseha, 2020).

Lazer fiziğinde, sadece sistemsel küçük değişiklikler yapılarak farklı dokularda uygulama sağlanabilir (Azadgoli, & Baker, 2016). Lazer kullanımında, ışığın fiziksel özellikleri ile lazerin temel prensipleri bilinmelidir. Lazer, uyarılmış radyasyon yayını ile ışığın yoğunlaştırılması teorisini ifade eder. Lazer cihazı ile üretilen ışık dalgaları, dalga boylarına göre elektromanyetik spektrumun görünür ışık ve kızılötesi bölgelerinde yer almaktadır. Lazer ışığı, sıradan bir ışık kaynağından farklı olarak, tek renkli (monokromatik), birbirine paralel eş fazda (kohorent) ve tek yönlü (kolimasyon) hareket özelliğinde olup yüksek enerjiye sahiptir (Haley, & Pratt, 2017). Lazer ışınının monokromatik oluşu, hemoglobin, melanin, su ve karoten gibi dokuya rengini veren maddeleri (kromoforları) etkileyerek farklı dalga boylarına sahip uygun lazerlerin kullanımına olanak sağlamaktadır (Kasnak, & Fıratlı, 2016). Lazer tarafından üretilen ışık, dokudan geçebilir, yansıtılabilir, absorbe edilebilir ve doku içinde dağılabilir niteliktedir. Işığın dalga boyu, enerji miktarı ve saniyedeki lazer ışını atım sayısı değiştirilerek hedef dokunun içerdiği kromoforlar üzerinde moleküler düzeyde etkinlik sağlanabilir. Lazer ışınının enerjisi, uygulandığı doku tarafından absorbe edildiğinde dokunun su içeriğine göre değişen düzeyde ısı enerjisine dönüşür ve oluşturduğu bu fototermal etki ile doku üzerinde ensizyon, ablasyon (vaporizasyon) ve koagülasyon (hemostaz) gibi etkiler oluşturur (Franck, Henderson, & Rothaus, 2016).

Lazerin tıp alanında yaygın kullanıldığı alanlardan biri de toraks cerrahisi ve özellikle akciğer dokusudur. Akciğer dokusu %80 oranında su, az miktarda doku yoğunluğu ve değişen hava içeriğine sahip olduğundan lazer cerrahisi için ideal bir organ olarak görülür (Pereszlenyi, 2013). Akciğer dokusuna lazer uygulandığında, alveolleri büzerek dokuyu kollabe etmekte, kalın ve katmanlı bir koagüle alan oluşturarak hava kaçağı da önlenmektedir. Alveollerin kollapsı koagülasyon alanına mekanik bir dayanım sağlar. Lazerin bu avantajı, akciğer lobunun uç ve merkezi kısımlarının rezeksiyonlarında kanama ve hava kaçağı kontrolünün yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Akciğerlerin tümöral oluşumlarının uzaklaştırılmasında, klasik rezeksiyon tekniklerinden daha ziyade lazer kullanımı ile daha az parankimal doku kaybı oluşmakta ve atelektazi olmaksızın akciğerin normal fonksiyonu devam edebilmektedir (Rolle, & Kozlowski, 2005). Diyod, Nd: YAG (Neodymium-doped yttrium aluminium garnet) ve Talyum lazer gibi lazerlerin hemoglobin ve diğer kan bileşenleri tarafından farklı oranlarda absorbe edilebilmesi, ayrıca iyi derecede hemostaz ve koagülasyon sağlaması bu lazer tiplerinin üst ve alt solunum yollarında kullanılabilmesini göstermektedir (Bleier, Cohen, Bloom, Palmer, & Cohen, 2010; Janeczek ve ark., 2021; Rolle & Pereszlenyi, 2005).

Akciğer parankimindeki patolojilerde uygulanan tedavi metotları içerisinde cerrahi rezeksiyon yer almaktadır (Bölükbaş, Biancosino, Redwan, & Eberlein, 2017). İnsanlardaki akciğer patolojilerinin yaklaşık %30'unda malignitelerin neden olduğu tek ya da çift taraflı metastazik yapılarla karşılaşılır. Bu nedenle akciğerlerde uygulanacak rezeksiyon yöntemlerinin de önemi ortaya çıkmaktadır. Akciğere metastaz yapmış tümörlerin cerrahi olarak çıkarılmasında amaç daha fazla sağlıklı akciğer dokusunun vücutta kalmasını sağlamaktır. Stapler ve elektrokoter ile yapılan akciğerin kama rezeksiyon tekniğinde parankim kaybının ve rezeksiyon sonrası hava kaçağı riskinin fazla olduğu belirtilir (Kirschbaum, Palade, Kayser, & Passlick, 2012). Bu nedenle, metastazik tümörlerin kama rezeksiyonunda lazer kullanımı tercih edilmektedir (Fiorelli ve ark., 2016; Schmid, Le, Zeisel, Haager, & Passlick, 2018). Benzer şekilde akciğer rezeksiyonu sonrası kalan parankimin hızlı re-ekspanse olması, göğüs drenaj süresinin kısalması, daha az morbidite ve hospitalizasyon süresinin kısalması gibi lazer cerrahisinin diğer avantajları da

bulunmaktadır (Schmid ve ark., 2018; Stefani, Oricchio, Cinquepalmi, Aramini, & Morandi, 2020).

Akciğer rezeksiyonunun başarısı kalan akciğer hacmine, hemodinamik değişikliklere ve kan gazı parametrelerindeki değişikliklere bağlıdır (Saleem ve ark., 2019). Rezeksiyona bağlı oluşan akut akciğer hasarı sonrası endotelial bariyerde meydana gelen bozulma yangısal proseslerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu nedenle akciğer parankimine spesifik biyobelirteçlerin rezeksiyon sonrası değerlendirilmesi önemlidir (Cross, & Matthay, 2011). Akciğer cerrahisi sonrası erken dönemde İnterlökin (IL)-1 β , IL-6 ve IL-8 gibi enflamatuar sitokinlerin plazma konsantrasyon düzeylerini karşılaştırarak bu biyobelirteçlerin postoperatif komplikasyonlar açısından prediktif karakterleri anlaşılmaktadır (Kaufmann ve ark., 2018). Aynı zamanda, akut akciğer hasarı sonrası serum vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) düzeyi incelenerek akciğerin iyileşme durumu hakkında bilgi elde edilebilir (Papaioannou, Kostikas, Kollia, & Gourgoulisanis, 2006).

Pre- ve postoperatif dönemde toraksın radyolojik görüntülenmesi akciğerin cerrahi sonuçlarının değerlendirilmesi açısından önemlidir (Giannico ve ark., 2015). Lazer ile yapılan rezeksiyon sonrası akciğer dokusundaki yapısal değişikliklerin histopatolojik değerlendirilmesi, farklı güç ve sürelerde uygulanan lazerin etkisinin açığa çıkarılmasına yardımcı olur. Lazer ile oluşturulan vaporizasyon ve koagülasyon derinliğinin saptanması, alveoler ve vasküler değişiklikleri görmek için histopatolojik olarak incelenebilir (Kirschbaum, Bartsch, & Rexin, 2017).

Yukarıdaki literatür bilgileri temelinde, sunulan doktora tez çalışmasında aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır;

- Farklı güç ve sürelerdeki diyod lazerin akciğer dokusundaki postoperatif erken dönem bulgularını karşılaştırmak,
- Çalışma gruplarındaki deneklerin pre- ve postoperatif farklı günlerinde yapılan rutin hematolojik ve kan gazı analizi ile radyolojik bulguları değerlendirmek,
- Farklı güç ve sürelerdeki diyod lazerin anlık ve postoperatif histopatolojik bulgularını ortaya çıkarmak,
- Elde edilen tüm muayene ve analiz bulgularını istatistiksel anlamlılık yönünden değerlendirilerek akciğer dokusunun anatomik ve fizyolojik yapısını koruyacak uygun doz ve sürelerdeki en etkin lazer modunu belirlemek.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Thorax'ın Anatomisi

Thorax yapısı hayvan türlerine göre büyüklük ve şekil olarak farklılık gösterir. Atlarda, thorax cranial'i dar ve bilateral olarak yanlardan basık ve caudal kısmı ise daha geniş ve yuvarlaktır (Dyce, Sack, & Wensing, 2010). Kedi ve köpeklerde laterolateral basık olan thorax, dorsoventral olarak büyük bir alan boşluk oluşturur. Thorax'ın iskelet yapısını costa'lar, sternum ve columna vertebralis sağlar (Fossum, 2013). Thorax duvarı, costa'lar, intercostal ve diğer kaslardan oluşur. Thorax'ın ventral duvarını oluşturan sternum, türlere göre altı ya da sekiz adet sternebra içerir. Sayıları türlere göre değişmekle birlikte carnivor, ruminant ve tavşanda 13, equus'da 18 çift costa yer alır (Bahadır, & Yıldız, 2008).

Thorax duvarının kan desteği costa'ların caudal'inde vena ve sinirle birlikte yer alan intercostal arterler tarafından sağlanır (Fossum, 2013). Ana intercostal damarlar ve sinirler fascia endothoracica'nın caudomedial'inde bulunur. Arteria thoracica interna'dan gelen damarlar costa'ların cranial sınırında bulunduğu için punksiyon ya da ensizyon esnasında dikkatli davranılmalıdır (Dyce ve ark., 2010). İntercoastal arter ve venler sırasıyla aorta ve vena azygous'dan köken alırlar. İntercoastal sinirler, thoracic sinirlerin ventral dallarından yayılırlar ve intercoastal venlere eşlik ederler. Ayrıca her bir costa'nın cranial sınırında intercoastal damarlar ve sinirler bulunur (Orton, 2003).

Thorax kasları hem yapısal hem de solunum faaliyetinde görev alırlar (Fossum, 2013). Primer olarak solunumdan sorumlu thorax duvarının en derin kasları musculus intercostalis'lerdir. İnspirasyonda işlev gösteren musculus intercostalis externus'un lifleri her costa'nın caudal sınırından çıkarak bir sonraki costa'nın cranial sınırına doğru caudoventral olarak yönlendirilir. Musculus intercostalis internusun lifleri her bir costa'nın cranial sınırından bir sonraki costanın caudaline doğru cranioventral yönde seyrederek ve ekspirasyonda görev alırlar (Bahadır, & Yıldız, 2008; Fossum, 2013). Sekonder solunum kasları olan musculus scalenus,

musculus serratus dorsalis cranialis, musculus levatores costarum ve diaphragma inspirasyonda görev alırken, musculus rectus abdominis, musculus obliquus abdominis externus, musculus obliquus abdominis internus, musculus transversus abdominis, musculus serratus dorsalis caudalis, musculus transversus costarum ve musculus iliocostalis ekspirasyondan sorumludurlar (Fossum, 2013).

İnspirasyonda görevli temel kaslardan olan diaphragma, merkezi bir tendinöz ile muskuler kısımdan oluşur. Diaphragma lifleri, lumbal vertebralar, costa'lar ve sternum üzerindeki yapışma yerlerinden çıkarak tendinöz merkeze doğru yönelir. Diaphragma'nın costal kısmı son birkaç costa'nın iç yüzeyine yapışır ve orta kısım cranial yönde thorax içine uzanır (Fossum, 2013). Diaphragma'nın merkezinde thoracic alandan abdomene geçişi sağlayan üç adet açıklık bulunur. Bunlar; içerisinden aorta, vena azygous ve ductus thoracicus'un geçtiği hiatus aorticus, esophagus ve nervus vagusun ilerlediği hiatus oesophagicus ve caudal vena cava'nın geçtiği foramen vena cava'dır (Aspinall, & Cappello, 2015). Cranial vena cava, ventralde trachea, sağda truncus brachiocephalicus ve solda esophagus ile bağlantılıdır. Lateral thorax radyografilerinde görülen vena cava caudalis, plicae venae cavae içinde sağ atrium ve diaphragma arasında sonlanır (Dyce ve ark., 2010).

Sinirlerin akciğere dağılımı hem sempatik hem de parasempatik (vagal) sinir ipliklerinin yer aldığı mediastinum içinde bulunan plexus pulmonalis yolu ile olmaktadır. Vagal sinir bronşları daraltırken, sempatik lifler bronşları genişletir. Efferent lifler bronchial bezleri, kasları ve kan damarlarını innerve eder. Afferent lifler, bronchial mukoza (öksürük refleksi), damarlar ve gerilme reseptörlerini uyarır (Dyce ve ark., 2010).

Thorax'ın lenfatik yapıları içerisinde, lymphonodi sternales, lymphonodus intercostalis, lymphonodi mediastinalis craniales, lymphonodi trachiobronchiales ve ductus thoracicus yer alır. Tracheobronchial lenf nodülleri trachea'nın terminal kısmında ve ana bronş düzeyinde dağılır. Akciğerleri, mediastinal yapıları ve diaphragma'nın bir kısmını drene ederler. İnce duvar yapısına sahip olan ductus thoracicus, cisterna chyli'nin devamı olarak diaphragma'nın crura'sı arasından başlar ve mediastinum'a aortic hiatus yolu ile geçer. Vena azygous ve aorta'nın yanında kalp düzeyinde sola doğru oblik olarak ilerler. Cranial mediastinum'da sola doğru

devam ederek, thorax girişinde büyük damarlar ile özefagusu takip eder ve sağ atriuma açılır (Dyce ve ark., 2010).

2.1.1. Pleura

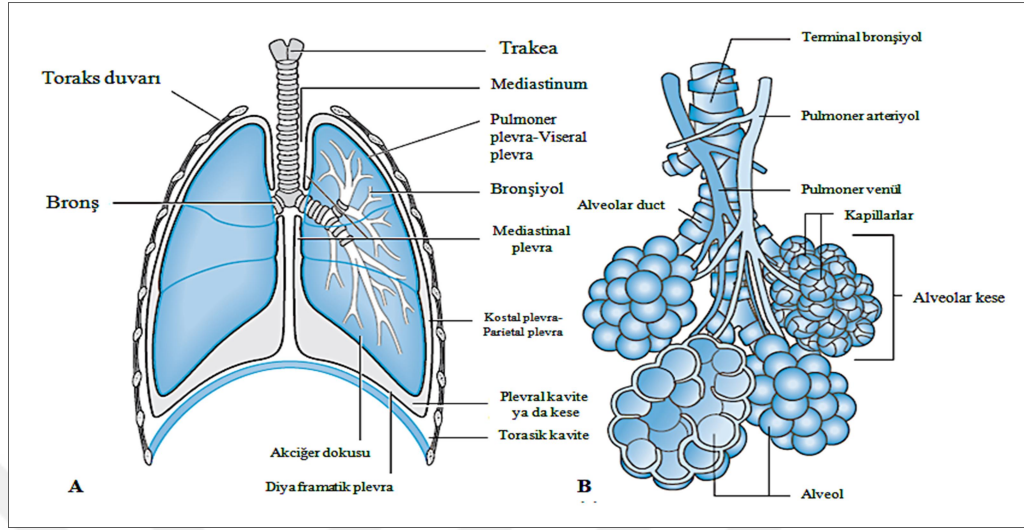
Pleura, cavum thoracis'i, akciğerleri ve mediastinal boşluktaki yapıları saran seröz bir membrandır (Evans, & Lahunta, 2013; Kealy, McAllister, & Graam, 2011). Cavum pleura, mediastinum tarafından sağ ve sol'a ayrılan boşluktur (Beatty, & Barrs, 2010; Epstein, 2014). Her bir pleural cavite içinde akciğer lopları bulunur (Aspinall, & Cappello, 2015). Cavum thoracis içerisini saran seröz zara pleura parietalis, boşlukta yer alan organları saran kısmına da pleura visceralis denir (Şekil 1A) (Kealy ve ark., 2011; Yıldız, Salcı, Yıldız, & Bahadır, 2014). Parietal ve visceral pleura birbiri içine geçmiş yapıdadır. Akciğerleri pleura visceralis sarmaktadır ve parietal pleura kapladığı alana göre costal, mediastinal ve diaphragmatic olarak adlandırılır (Dyce ve ark., 2010).

Pleura, elastik iplikten zengin, konnektif doku ile desteklenmiş tek katlı mezotelyal hücrelerden oluşur. Visceral ve parietal pleura'lar pulmoner ve sistemik sirkülasyondan kaynaklanan zengin kapillar ağ içermektedir. Ayrıca parietal pleura, pleural boşluğun lenfatik drenajını sağlayan lenfatik drenaj ağına sahiptir (Monet, 2003). Parietal ve visceral pleura arasında sadece pleural yüzeyi kaplayıp mezotelyal hücreleri nemlendiren kapillar bir sıvı film tabaka bulunur (Evans, & Lahunta, 2013; Fossum, 2013; Kealy ve ark., 2011). Bu sıvı kedi ve köpeklerde yaklaşık 0,1-0,3 ml/kg kadardır (Epstein, 2014). Bu sıvı pleural yüzey üzerine ince bir katman halinde yayılarak akciğer loblarının ve thorax duvarının birbirleriyle sürtünmesini en aza indirir (Beatty, & Barrs, 2010; Epstein, 2014; Hall, 2016).

Fizyolojik olarak pleural sıvı parietal pleura tarafından salgılanıp visceral pleura tarafından absorbe edilir. Sıvının uzaklaştırılması pleural lenfatik drenaj ile gerçekleşir (Epstein, 2014). Pleural boşluğun lenfatik drenajı, respirasyon ile desteklenir (Monet, 2003).

Cavum pleura içerisindeki basınç dinlenme halindeyken yaklaşık -5 cm H₂O'dur. Bu basınç, akciğerleri geri çeken kuvvetler ile göğüs boşluğunu genişleten kuvvetler arasındaki farkı temsil eder. Basınç, cavum pleura boyunca aynı olmamakla birlikte akciğerin genişlemesi ve havalanması esnasında bölgesel

farklılıkların oluşmasını sağlar (Dyce ve ark., 2010). Negatif basınç, akciğerlerin kollabe olmasını engeller (Akers, & Denbow, 2013).



Şekil 1. A. Plevral membranlar, B. Terminal hava pasajı ve bronşial ağaç (Aspinall, & Cappello, 2015).

2.1.2. Mediastinum

Mediastinum, sağ ve sol pleural boşluk arasında bağ dokudan oluşan bir alandır. Bu alan içerisinde kalp, aorta, nervus vagus, nervus phrenicus, nervus sympathicus, vena cava, vena azygous, trachea, özefagus, timus, ductus thoracicus ve mediastinal lenf yapıları yer alır (Yıldız ve ark., 2014). Thorax girişinden diaphragma'ya kadar uzanır ve göğüs boşluğunu sağ ve sol olarak ikiye böler. Asimetrik bir yapı gösteren mediastinum, cranial (precardiac), orta (pericardiac) ve caudal (postcardiac) olarak gruplandırılır (Kealy ve ark., 2011; Yıldız ve ark., 2014). Mediastinum türler arasında farklılık gösterir. Mediastinum carnivor, equus ve ovis'de permeabildir (Yıldız ve ark., 2014). Ruminantlarda mediastinum kalındır ve iki cavum pleura arasında oluşabilecek basınç farkına karşı dayanıklıdır. Kedi, köpek ve atta mediastinum'un hassastır ve kolaylıkla yırtılır (Dyce ve ark., 2010). Cranialde boynun derin facial düzlemiyle, caudalde hiatus aorticus ile retroperitoneal alanda ve ventral'de de sternum ile bağlantı kurmaktadır (Evans, & Lahunta, 2013; Kealy ve ark., 2011). Mediastinum simetrik değildir. Mediastinum craniale, dorsale doğru daha geniştir ve thorax girişinde trachea ve özefagus ile birlikte yayılım gösterir. Ventral yönde lenf nodülleri, yağ doku, internal thoracic damarlar ve genç hayvanlarda timusu barındırır. Mediastinum medium'da, cranialde trachea'nın son

kısmı, arcus aorticus, özefagus, akciğerin hilar yapıları ve lenf nodülleri bulunur. Kalp ve perikard, mediastinum medium'da yer alır. Sternum ve perikard arasındaki ventral kısım geniştir ve omentum majus'a benzeyen bir yapı gösterir. Mediastinum caudale aorta, vena azygous, ductus thoracicus, nervus vagus ve özefagusu içerir (Dyce ve ark., 2010; Evans, & Lahunta, 2013).

2.1.3. Akciğerler

Sağ ve sol akciğerler mediastinum ile bağlantılı olarak pleural boşlukta serbest halde bulunurlar. Thorax'ın boyutu respirasyon ile uyumlu olduğu için akciğerlerin şekil ve büyüklüğü de stabil değildir. Sağ ve sol akciğer büyük ölçüde birbirine benzerdir, ancak sağ akciğer kalbin pozisyonundan dolayı daha büyük durumdadır (Dyce ve ark., 2010). Akciğerlerin şekilleri yarım koniyi andırır. Thorax'ın cranial'ine doğru yönelen kısmı apex pulmonis, diaphragma ile ilişkili konkav geniş yüzü facies diaphragmatica, her bir akciğer lobunun costa'lara bakan yüzü facies costalis, orta düzleme dönük yüzü facies medialis ve lopların birbirine bakan yüzleri ise facies interlobaris olarak adlandırılır (Bahadır, & Yıldız, 2008; Dyce ve ark., 2010).

Akciğer parankimi, bronchus'lar, pulmoner damarlar, peribronchial ve perivascular konnektif dokudan oluşur (Dyce ve ark., 2010). Akciğer dokusuna giren ana bronchus ve bronchus'u saran bronchial damarlar, pulmoner arter, ven, lenfatikler ve sinirleri içeren kısım hilus pulmonis olarak adlandırılır. Hilusa giren bu yapıların oluşturduğu yer ise radix pulmonistir (Evans, & Lahunta, 2013). Birçok türde her bir akciğeri eşit bir şekilde loblara ayıran bir ya da birden fazla fissur hilusa doğru uzanır. Akciğer lopları, ana bronchus'un dallanma şekline göre adlandırılır. Sol akciğer cranial ve caudal loptan oluşurken, sağ akciğer cranial, orta, caudal ve accessor lobdan oluşur. Sağ cranial akciğer lobu ayrı olarak eksternal fissur ile ayrı loplara ayrılır. Kedi ve köpeklerdeki fissura'lar diğer türlere oranla daha derindir. Bu derinlik, lobların birbirleri üzerinde daha rahat kaymasını sağlamakta ve akciğerlerin thorax'a adaptasyonunu kolaylaştırmaktadır (Dyce ve ark., 2010). Türlerle göre akciğer lop sayısı değişmektedir ve tür ayrımı lob sayısına göre yapılmaktadır. Sol tarafta equus'ta 2, ruminant ve carnivor'da 3, sağ tarafta equus'ta 3, carnivor'da 4 ve ruminant'ta 5 adet lop bulunur (Bahadır, & Yıldız, 2008).

Akciğerler elastik olduklarından dolayı solunum yollarındaki hava basıncıyla genişler ancak travma ya da operasyon esnasında pleural boşluğa hava gireceği için akciğerler kollabe olarak genişleyemezler. (Dyce ve ark., 2010).

2.1.3.1. Trachea ve Bronchial Dallanma

Trachea ve bronchus'lar, akciğerdeki daha küçük bronchiol'ler ile birlikte atmosfer havasının akciğerlere iletimini sağlayan tüplerdir. Trachea, boynun visceral yaprağı içinde larynx'ten başlar, boynun ventromedian'ında seyrederek thorax girişinde mediastinum'a girer ve kalbin üzerindeki bifurcatio'ya kadar devam eder (Dyce ve ark., 2010). Burada bifurcatio trachea'yı oluşturarak bronchus principalis dexter ve sinistere ayrılır. Geviş getirenler ve domuzda, bifurcatio trachea'dan önce trachea'dan bronchus trachealis isimli bir dal ayrılarak sağ akciğerin lobus cranialis'ine havayı iletir (Bahadır, & Yıldız, 2008).

Trachea, cervical ve thoracic kısımlara ayrılır. Pars cervicalis, cartilago cricoidea ile apertura thoracis cranialis arasındaki bölümdür. Boynun caudal üçte birinde bulunan oesophageus ve sol dorsaldeki diğer damar ve sinirler trachea'nın sol yanına kayarlar. Pars thoracica, apertura thoracis cranialisten akciğerlere kadar uzanan bölümdür (Bahadır, & Yıldız, 2008). Trachea, vena cava cranialis, truncus brachiocephalicus, carotid arterler, arcus aorta'dan çıkan damarlar ve kolları ile ventralde ve oesophageus, çeşitli mediastinal lenf nodülleri ve genç hayvanlarda timus ile de dorsalde bağlantı kurar. Pars thoracica, arcus aorta'da çarpazlaşarak sağa doğru hafifçe deviye olur ve 4-6. intercostal bölge düzeyinde bifurcatio trachea'yı oluşturur (Dyce ve ark., 2010).

Trachea duvarını en içte mukoza, ortada fibrokartilajinöz yapı, en dışta ise seroza ya da adventisya tabakası oluşturur (Dyce ve ark., 2010). Trachea mukozası, elastik ve retiküler iplik içeren lamina propria üzerinde dizilen yalancı çok katlı silialı columnar epitel hücrelerden oluşur. Birbiri ardına dizilmiş tam olmayan hyalin kıkırdak halkaları ligamentum anulare ile birbirine bağlanır ve dorsalde kıkırdak halka uçları arasındaki bağlantıyı ise düz kas liflerinden oluşan musculus trachealis sağlar (Akers, & Denbow, 2013). Kas kontraksiyonu ile kıkırdak halkaların hareketliliği sağlanır ve ventile havanın hızı artırılarak ölü hava boşluğu azaltılır

(Tucker, 2003). Trachea, pulmoner ligament, mediastinal konnektif doku, akciğerler ve diaphragma negatif intrapulmoner basınç ile bağlantılıdır (Dyce ve ark., 2010).

Trachea, iki ana bronchus ve bronchus'larda lobar bronchiol'ler ile alt kollara ayrılır. Her bir akciğere giren bronchus giderek daha küçülmekte ve dallara ayrılmaktadır. Bundan dolayı bronchial ağaç olarak adlandırılır (Şekil 1B) (Aspinal, & Cappello, 2015). Bronchial ağaç; primer bronchus, sekonder ya da lobar bronchus, tersiyer ya da segmental bronchus, bronchiol, respiratuvar bronchiol, ductus alveolaris, saccus alveolaris ve alveollere ayrılır (Akers, & Denbow, 2013). Trachea yapısına benzeyen bronchus'lar, birbirini izleyen her bölünme sonucunda destek kıkırdakları küçülerek düzensizleşir. Küçük bronchus'lar üzerinde kıkırdak halkaları düzensiz plaklar şeklinde kademeli olarak yer değiştirir (Dyce ve ark., 2010).

Lümen uzun cilium'lu columnar hücreleri de içeren yalancı çok katlı epitel ile kaplıdır. Bu hücreler arasında goblet hücreleri, seröz salgı yapan hücreler ve kök hücreler bulunur. Bronchus ve bronchiol çaplarındaki değişiklikler nispeten trachea ve bronchus arasındakinden daha fazla olmaktadır. Bronchiolus çapı 1 mm'den daha dardır ve sonuncuları goblet hücrelerinin kaybolması, yerlerine akciğer yüzey aktif maddesini sağlayan clara hücrelerinin geçmesiyle karakterizedir. Terminal bronchiolus'ler alveoler kanallara ve sonunda da alveoler keseye açılır. Alveol duvarındaki çoğu hücre skuamöz tip I pnömosit şeklindedir ve bu hücreler arasında pulmoner surfaktanı salgılayan kübik epitel hücre yapısına sahip tip II pnömositler bulunur (Akers, & Denbow, 2013; Tucker, 2003). Alveol duvarlarında, alveoler makrofajlar, retiküler ve elastik iplik üreten fibroblastlar bulunur. Alveoler makrofajlar, akciğerlerden debris uzaklaştırırlar. Alveoller kılcal damarlar ile yakın ilişkide kalarak gaz alışverişini gerçekleştirirler. Respiratorik membran, alveoler ve kapiller membran boyunca oksijen ve karbondioksitin diffuze olduğu yerdir. Yaklaşık 0,5 µm kalınlığında ince bir zar olan respiratorik membran 4 katmandan oluşur. Bunlar; tip I ve II alveoler hücre ve alveoler makrofaj tabakası, epiteliyal bazal membran, kapiller bazal membran ve endotel'dir (Akers, & Denbow, 2013).

2.1.3.2. Pulmoner Damarlar

Aorta, sol truncus pulmonalis ve sağ atrium arasında, kalbin bazal merkezinden çıkarak aortic valfinde bulunduğu alanda hafifçe genişler.

Diaphragma'ya doğru önce craniodorsal, ardından caudale doğru vertebrae'ları takip ederek yön alır. Lateral radyografilere önemli olan yapılar; konveks görünümde arcus aorta, truncus brachiocephalicus ve sol subclavian arter'dir. Truncus pulmonalis, kalbin basis'inin craniosinistral kısmından aortanın soluna doğru çıkar, caudodorsal yönde ilerler ve sağ ve sol pulmoner arter olarak ayrılmadan önce ligamentum arteriosum ile aorta'ya bağlanır (Dyce ve ark., 2010). Pulmoner arter, kalbin sağ ventrikülünden akciğerlere gaz değişimi için kirli kanı taşıırken, pulmoner ven akciğerlerden temiz kanı kalbin sol atrimuna taşır. Akciğer hilus'unda çoğunlukla ventral yönde uzanan pulmoner arterler, pulmoner venlerin dorsal'inde yer alırlar (Evans, & Lahunta, 2013).

2.2. Solunum Sistemi Fizyolojisi

2.2.1. Solunum Sisteminin Fonksiyonları

Solunumun esas amacı, oksijen alımı ile dokulara oksijen sağlamak ve vücuttaki karbondioksiti elimine etmektir. Bunun için; akciğer ventilasyonu ile alınan havanın atmosferden alveollere ulaşması, alveoller ve kan arasında oksijen ile karbondioksitin difüzyonu, oksijenin doku hücrelerine taşınması ve hücrelerden karbondioksitin uzaklaştırılması ve solunumun düzenlenmesi gerekir (Hall, 2016).

Solunum sisteminin diğer fonksiyonları, gaz değişimi, kan pH'sının düzeni, koklama, ses üretimi, ısı regülasyonu, solunan havayı filtreleme, ılıklaştırma ve nemlendirme ile ekspirasyonla su ve ısının eliminasyonudur. Solunum sistemi, burun, farinks, larinks, trakea, bronş ve akciğerlerden oluşur. Üst solunum yolları burun, farinks, larinks ve trakea'dan, bronchus ve akciğerler de alt solunum yollarını oluşturur. Fonksiyonel olarak; burun, farinks, larinks, trakea, bronş, bronşiolle ile terminal bronşiolleleri içeren kısım iletiçi, alveoler kanal, alveoler kese ve alveollerin oluşturduğu kısım ise gaz değişimi alanı olarak adlandırılır (Akers, & Denbow, 2013; Tucker, 2003).

2.2.2. Solunum Mekanizması

2.2.2.1. İspirasyon Mekanizması

İspirasyon, göğüs kafesi ve akciğerlerin genişlemesi ile havanın akciğerlere girmesidir (Akers, & Denbow, 2013; Reece, 2008). Dinlenme sırasında diaphragma

ve eksternal intercostal kaslar işlev haldedir. En önemli solunum kası olan diyafram, nervus frenikus tarafından innerve edilir. Diyaframın kontraksiyonu ile göğüs kafesinin horizontal boyutu ve toraksın volümü artar (Akers, & Denbow, 2013; Noyan, 2008). Eksternal intercostal kas lifleri bir costanın caudal sınırından yakındaki costanın cranialine doğru caudoventral yönelir. Kas kontraksiyonu sonrası costalar rostral ve dışa doğru hareket eder ve böylece toraks hacmi artar (Robinson, 2013). Bu durum akciğer hacminin genişlemesine ve inspirasyonun şekillenmesine yardımcı olur. Ventilasyon ihtiyacı arttığında diğer solunum kasları da kullanılır. Eksternal intercostal, sternokleidomastoid, serratus ventralis ve scalenus kasları, rostral yönde costaları hareket ettirerek inspirasyona yardım eder (Tucker, 2003).

2.2.2.2. Ekspirasyon Mekanizması

Ekspirasyon, toraks boşluğu ve akciğer volümünde azalma ile akciğerdeki havanın dışarı çıkmasıdır (Reece, 2008). Herhangi bir kas aktivitesi olmadan pasif olarak şekillenir. Sinirsel uyarılar diyaframın kasılmasını durdurduğunda, diyafram gevşeyerek diyaframın kubbemsi yapısını cranial yöne hareket ettirir. Eksternal intercostal kaslar da gevşeyerek costaların dorsal ve caudal yönde hareketlerine izin verir. Böylece toraks boşluğunun akciğer hacmini azalarak, alveoler basınç yaklaşık 2 mmHg atmosfer basıncının üzerine çıkar ve ekspirasyon gerçekleşir (Akers, & Denbow, 2013).

Ekspirasyondan primer sorumlu kaslar internal intercostal ve abdominal kaslardır. Abdominal kasların kontraksiyonu ile abdominal basınç artar, diyafram cranialine doğru hareket eder ve toraks hacmi azalır. İnternal intercostal kas lifleri cranioventral yönlüdür ve bir costanın cranial sınırından yakındaki diğer bir costanın caudal sınırına doğru yönelir. Bu anatomik özellik nedeniyle kaslar kontraksiyondan sonra costaları caudal ve ventral olarak hareket ettirerek toraks hacmini azaltır. Toraks hacmi küçüldükçe intratorakal basınç artar ve akciğerlerden hava çıkışı kolaylaşır (Robinson, 2013). İnternal intercostal ve rektus abdominis kasları güçlü ekspirasyonda ve eforlu nefes alma periyoduna yardım eder (Tucker, 2003).

2.2.3. Solunum Tipleri

- Eupnea: İstirahat halinde yapılan solunum şeklidir.

- Apnea: Normal ya da anormal olarak solunumda geçici duraklama halidir.
- Dyspnea: Efor sarf edilerek yapılan güç solunum şeklidir.
- Hyperpnea: Soluma sıklığının, derinliğinin ya da her ikisinin de arttığı durumdur.
- Tachypnea: Solunum sayısının artmasıdır.
- Bradypnea: Solunumun oldukça azalmasıdır.
- Hypopnea: Soluma sıklığının, derinliğinin ya da her ikisinin azalmasıdır.
- Polypnea: Solumanın hızlı ve yüzeysel, kesik kesik oluşudur (Reece, 2008).

Abdominal ve costal olmak üzere iki tip solunum şekli vardır. Abdominal solunumda; inspirasyonda karın dışa doğru hareket ederken ekspirasyonda karın içe doğru hareket eder. Costal solunum ise costaların hareketiyle şekillenir. İstirahat halindeyken solunum kası olarak diyafram görev alır ve abdominal solunum oluşur. Güç solunumunda ise costal tip solunum gözlenir (Noyan, 2008).

2.2.4. Solunum Basınçları

2.2.4.1. İntrapulmoner veya İntraalveoler Basınç

Akciğerler ve solunum yollarındaki basıncı ifade eden intrapulmoner basınç atmosfer basıncı ile eşit basınca sahiptir. Bu basınç, hava yollarında 0 cmH₂O olarak değerlendirilir. İspirasyonda havanın akciğerlere akışını sağlamak için alveollerdeki basıncın atmosfer basıncından düşük yani sıfırın altına inmesi gerekir. Ekspirasyonda alveol basıncının +1 cmH₂O yükselmesi ile inspirasyonla alınan hava akciğerlerden dışarı atılır (Hall, 2016; Noyan, 2008).

2.2.4.2. İntraplevral ya da İntratorakal Basınç

İntraplevral ya da intratorakal basınç iki plevral zar arasında kalan boşluktaki ve mediastinumdaki sıvı basıncını ifade eder. Mediastinal organlar bu negatif basıncın etkisi altındadır. İspirasyonun başlangıcında plevra basıncı -5 cmH₂O'dur. Akciğerlerin dinlenme esnasında açık kalması için gerekli basıncı oluşturur (Hall, 2016; Noyan, 2008). Akciğerler göğüs kafesinden daha küçüktür ancak atmosfer basıncının etkisiyle şişerek göğüs boşluğunu doldurur. Esnek yapısı nedeniyle büzölmeye meyillidir. Atmosfer basıncına karşı gelen bu elastik güç intraplevral basıncı yaratır (Noyan, 2008).

2.2.5. Akciğer Volümü ve Kapasiteleri

Solunum tipi farkı olmaksızın inspirasyonla alınan ve ekspirasyonla verilen gaz volümü, tidal volüm olarak adlandırılır. İstirahat halindeyken normal bir inspirasyon sonundan başlamak üzere maksimum bir inspirasyonla alınması mümkün olacak gaz volümü inspirasyon yedek volümü olarak tanımlanır. Normal bir ekspirasyon sonundan başlamak üzere maksimum ekspirasyonla akciğerlerden çıkarılması mümkün olacak gaz volümü ise ekspirasyon yedek volümü olarak adlandırılır. En kuvvetli ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan hava hacmi rezidüel volümdür. Bu özelliği nedeniyle akciğerler vücuttan çıkartıldıktan sonra bile içlerinde hava barındırırlar. Yeni doğanlar bir kez nefes aldıysa mutlaka bir miktar hava akciğerlerde rezidüel olarak kalır (Hall, 2016; Noyan, 2008).

İstirahat halindeyken ekspirasyon sonundan itibaren maksimum inspirasyonla alınan hava inspirasyon kapasitesidir. Solunum tipi ne olursa olsun ekspirasyon sonunda akciğerlerdeki hava volümü fonksiyonel rezidüel kapasite olarak tanımlanır. Solunum derinliği arttıkça, fonksiyonel rezidüel kapasite azalır. Maksimum inspirasyondan sonra en kuvvetli ekspirasyon ile çıkarılan hava volümü, vital kapasiteyi ifade etmektedir. Vital kapasite, vücut büyüklüğü ve akciğerlerin gelişim derecesine bağlıdır. Vital kapasite ve rezidüel volüm total akciğer kapasitesini gösterir. Vital kapasite, maksimum inspirasyondan sonra akciğerlerdeki tüm hava volümüdür (Hall, 2016; Noyan, 2008).

2.2.6. Akciğer Yüzey Gerilimi

Alveol duvarında yüzey gerilimini azaltıcı maddeleri salgılayan özelleşmiş hücreler bulunur. Alveollerdeki stabilite, yüzey gerilimini azaltan pulmoner sürfaktanın bir sonucudur. Pulmoner sürfaktan lipit, protein ve karbonhidrat karışımıdır (Noyan, 2008). Karışımın %90'ını lipid ve %5-10'u proteinden oluşur. En çok bulunan, yüzey gerilimini azaltmaktan sorumlu fosfolipit bileşeni fosfatidilkolin'dir (Engels, & van Oeveren, 2015).

Alveollerde tip I, tip II hücreler ile alveol makrofajları bulunur. Tip I hücreler, alveolün ince duvarını yapan epitel hücrelerdir. Tip II alveoler hücreler, pulmoner sürfaktanın sentez ve sekresyonundan sorumlu primer hücrelerdir (Noyan, 2008). Sürfaktan, sekresyonundan önce lamellar cisimciklerde depolanır. Sürfaktan

proteinleri, hidrofilik ve hidrofobik kısımları bulunan dört önemli kısma ayrılır. Sürfaktan protein B ve C, lipid film ile bağlantılı hidrofobik özelliktedir. Sürfaktan protein A ve D ise hidrofilik özellikte olup mikrobiyal savunmada önemli rol oynar (Robinson 2013).

Alveoler sıvı, alveol yüzeyinin içini kaplar. Hidrojen bağlarından dolayı, alveoler sıvı yüzey gerilimine sahiptir. Akciğerlerin genişleyebilmesi için yüzey geriliminin aşılması gerekir. Yüzey gerilimi akciğer elastik gerginliğinin yaklaşık üçte ikisini oluşturur (Akers, & Denbow, 2013). Alveol iç yüzeyindeki gerilim sürfaktan ile azaltıldığında kan serumunun alveol boşluğuna sızması önlenir (Noyan, 2008). Akciğer volümü ve alveoler yüzey alanı küçüldükçe sürfaktan molekülleri yüzey gerilimini azaltıp, alveoler stabiliteyi korur. (Robinson 2013). Bulunduğu bölgedeki konsantrasyon oranı ile etkili olan sürfaktan, inspirasyon esnasında akciğer iç yüzey hacmi genişlediğinde, sürfaktan daha geniş yüzeye yayılacağı için yüzey gerilimini düşürme etkisi de azalacaktır. Ekspirasyonda akciğer yüzey alanı küçüldüğünde, belirli bir alveol alanına düşen sürfaktan konsantrasyonu artacağı için, yüzey gerilimi de o oranda azalır ve alveollerle birlikte küçük hava yollarının kollabe olması engellenir (Noyan, 2008). Sürfaktanın fonksiyonları; yüzey gerilimini düşürerek indirekt olarak akciğer kompliyansını arttırmak, alveoler stabiliteyi sağlamak ve atelettaziyi minimuma indirmek, akciğerlerin genişlemesi için gerekli iş yükünü azaltmaktır (Tucker, 2003).

2.2.7. Akciğer Kompliyansı

Alveoller ile plevra arasındaki basınç farkı olan transpulmoner basınç, akciğerlerdeki elastik kuvvetlerin bir ölçüsüdür. Transpulmoner basınçtaki her birim artışa karşı, akciğerlerin genişleyebilme derecesine akciğer kompliyansı adı verilir (Hall, 2016). Orta dereceli basınçlarda akciğerler daha fazla genişleme kapasitesine sahip olacağı için kompliyans daha büyük olmakta, yüksek dereceli basınçlarda akciğer daha az genişleyeceği için kompliyans daha düşük olmaktadır (Reece, 2008).

2.2.8. Akciğer Ventilasyonu

2.2.8.1. Ölü Boşluk

Solunan havanın burun, pharynx ve trachea gibi gaz değişiminin şekillenmediği yerde bulunması ölü boşluk olarak adlandırılır (Hall, 2016; Reece, 2008). Bölgenin temel fonksiyonu, diffüzyonun meydana geldiği alanlara gaz taşımak ve gazları geri götürmektir. İletim kısmında kan ve hava arasında gaz değişimi olmaksızın hacmin bir kısmı normal solunumda çevre ile değiştirilir ve tidal volümün bir kısmını oluşturur (Reece, 2008).

Hava ileten yolların sabit hacmi anatomik ölü boşluk olarak tanımlanır. İnspirasyonla alınan fakat gaz alışverişinde yer almayan gazın, hava yolları ve alveollerdeki hacmi fizyolojik ölü boşluk olarak belirtilir. Fizyolojik ölü boşluk yalnızca iletici hava yollarının boyutları tarafından değil, aynı zamanda alveollere girebilen ancak yetersiz perfüzyondan dolayı kan ile diffüzyon alışverişine katılmayan gazın hacmi tarafından da belirlenebilir (Reece, 2008). Ekspirasyon sırasında alveollerden gelen hava atmosfere ulaşmadan önce ilk olarak ölü boşluktaki hava çıkartılır. Bu durum ekspirasyon gazlarının akciğerden uzaklaştırılmasında dezavantaj oluşturur (Hall, 2016).

2.2.8.2. Alveoler Ventilasyon

Hava yollarına ve alveollere oksijeni alıp karbondioksitin atmosfer havasına verilmesi için yapılan gaz alışverişini gerçekleştirme işlemidir. Akciğerlerin şişmesi ve büzüşmesi sırasında hava yollarında volüm değişiklikleri alveollerden fazla olur. En fazla volüm değişikliği ductus alveolaris'lerde şekillenir. Bronchiollerin duvarındaki düz kaslar çapraz dizilimlidir. Ekspirasyon esnasında bronchiollerin çap ve boyutları küçülür. Dış solunumda alveoller ve kılcal damarlar arasında oksijen ve karbondioksit gaz değişimi olur. Gaz değişimindeki önemli faktörler, alveol ventilasyon derecesi ve akciğer kılcal damarlarındaki kan akım miktarıdır. Akciğer ventilasyonu ve alveoler ventilasyon aynı şeyi ifade etmez. Akciğer ventilasyonu, bir dakikada solunum sistemine giren ve çıkan hava volümüdür. İnspirasyonla alınan havanın hepsi alveollere girmez ve solunum yollarında kalır. Gaz değişiminde kullanılmayan bu havanın kapsadığı alan ölü boşluk olarak adlandırılır (Noyan, 2008; Reece, 2008).

2.2.8.3. Ventilasyon-Perfüzyon İlişkisi

Kandaki oksijen ve karbondioksitin kısmi basınçlarının hem alveoler ventilasyon hem de alveolleri perfüze eden kan miktarı ile bağlantılı olma durumu ventilasyon/perfüzyon oranı (V_A/Q) olarak adlandırılır. Normalde alveolerin ventilasyonu ile perfüzyonu arasında bir dengenin olması, alveol ve kan arasında yeterli düzeyde oksijen ile karbondioksit alışverişinin olduğu anlamını taşır (Reece, 2008). Bir alveolde V_A (alveoler ventilasyon) ve Q (kan akımı) normal ise V_A/Q oranı normal; alveoler ventilasyon sıfır ancak alveolde perfüzyon varsa V_A/Q oranı sıfır; alveoler ventilasyon yeterli fakat perfüzyon sıfır ise V_A/Q oranı sonsuz olur. Oranın sıfır ya da sonsuz oluşu ilgili alveollerin solunum zarlarındaki gaz değişimlerinin önemini vurgular. V_A/Q oranı sıfır olduğu durumda alveoldeki hava, oksijen ve karbondioksit ile denge halindedir. Oksijen ve karbondioksit, kan ve alveol havası arasında diffüzyona uğramaktadır. Kapillerleri perfüze eden kan, sistemik dolaşımdan akciğerlere dönen venöz kan olduğu için, venöz kandaki gazlar alveol gazlarıyla denge halindedir. V_A/Q oranı sonsuz olduğunda, alveoler gazların venöz kan ile dengeye gelmesi yerine, alveoler hava nemli inspirasyon havasına eşit olur. Böyle bir durumda inspirasyon havası kana oksijen veremez ve kandan da karbondioksit alınamaz. V_A/Q oranı normal olduğunda solunum zarlarında karbondioksit ve oksijen değişimi en fazla olur. V_A/Q oranı normalin altında olduğunda, alveol kapillerlerindeki kanın tam olarak oksijenlenmesini sağlayacak yeterli ventilasyon olmaz. Bu nedenle, pulmoner kapillerlerden geçen venöz kanın bir kısmının oksijenlenememesi şantlı kan olarak isimlendirilir (Hall, 2016; Reece, 2008).

2.2.9. Solunumun Sinirsel Denetimi

Medulla oblongata ve pons içerisinde yer alan bölgeler solunumla ilgili özel fonksiyonları yerine getirmektedirler (Akers, & Denbow, 2013; Robinson, 2013). Bu bölgeler, dorsal medulladaki dorsal respirasyon grubu (DRG), ventral medulladaki ventral respirasyon grubu (VRG), ponsun rostral kısmındaki pnömotaksik ve caudal ponsdaki apnöstik merkezlerdir. DRG, inspirasyonda işlev yaparak temel solunum ritimlerinin oluşmasını sağlar. DRG'den çıkan sinirsel uyarımlar frenik sinir ile diyafragmayı uyarır ve kas kontraksiyonu oluşur. DRG'ye uyarımlar vagal ve

glossofaringeal sinirler ile taşınır. VRG hem inspiratorik hem de ekspiratorik nöronlara sahip olsada özellikle ekspirasyondan sorumludur. Normal sessiz solunum sırasında ekspiratorik nöronlar aktif olmamasına rağmen, egzersiz anında aktif hale geçmektedirler. VRG'nin inspiratorik nöronları DRG'nin başlattığı inspiratorik aktiviteye yardım ederler. Pnömotaksik merkez, inspirasyon hızını ve derinliğini düzenler (Hall, 2016; Reece, 2008). Apnöstik merkez, inspirasyonu uyararak apnöstik solunum yapılmasını uyarır (Noyan, 2008).

Beyin sapındaki solunum merkezleri dışında akciğerlerden kaynaklanan reseptörler de solunumda görev alırlar. En önemlileri akciğerlerde, bronş ve bronşiollerin duvarlarındaki kas tabakası içinde bulunan ve akciğerler fazla gerildiğinde uyarılarını vagus sinirleri içindeki fibriller ile dorsal respirasyon grubu nöronlarına gönderen gerilim reseptörleridir. Gerilim reseptör uyarımının etkisi inspirasyonun daha ileri gitmesini engellemek ve VRG'deki ekspiratorik nöronları uyarmaktır (Hall, 2016; Reece, 2008). Oluşan mekanizmada akciğerler aşırı genişlediğinde gerilim reseptörleri inspirasyon rampasını kapatır ve daha ileri bir inspirasyonu durdurarak ekspirasyonu başlatan Hering-Breuer refleksi olarak adlandırılan geri bildirim mekanizmasını harekete geçirir (Hall, 2016; Reece, 2008; Robinson, 2013).

Solunumun kontrolünde rol alan kemoreseptörler oksijen, karbondioksit ve hidrojen iyon konsantrasyonundaki değişikliklere göre solunumu düzenlerler. Kemoreseptörler, merkezi ve periferik kemoreseptör olarak isimlendirilir. Medulla oblongata bulunan merkezi kemoreseptörler, serebrospinal sıvıda hidrojen ve PaCO₂ değişikliklerine yanıt vererek solunumun düzenlenmesine destek olurlar. Periferik kemoreseptörler, arteria carotis'in her iki yanında bulunan, glossofaringeus siniriyle birlikte dorsal solunum alanına ulaşan karotis cisimcikleri ile aort kavsi boyunca yerleşen vagus siniri içerisinde dorsal solunum alanına ulaşan aortik cisimciklerdir. Bunlar hipoksi durumunda respiratuvar yanıtı sağlarlar. Bu cisimcikler karbondioksit, oksijen ve hidrojen iyon yoğunluklarını algırlar ve solunum aktivitesinin düzenlenmesinde sinirsel sinyalleri beyindeki solunum merkezine iletirler (Akers, & Denbow, 2013; Hall, 2016; Robinson, 2013).

2.3. Toraks Bölgesi Hastalıkları

Toraks bölgesinde karşılaşılan hastalıklar kongenital, travmatik ve non-travmatik olarak sınıflandırılır.

2.3.1. Kongenital Toraks Hastalıkları

Sternumun caudali ve costa kırıkdağlarının konkav şekilde içe doğru deviye olması ile toraks boşluğunun dorsaventral olarak düzleşmesi şeklinde tanımlanan pectus excavatum, sternum ve costal kırıkdağların konveks protrüzyonuyla karakterize göğüs duvarı deformitesi olan pectus carinatum (Komsta, Osinski, Debiak, Twardowski, & Lisiak, 2019), kosta anomalileri, sternumun biçiminde ve yapısındaki farklılıklar, sternebra sayısının azlığı, manubrium sterni ve ksifoid yokluğu şeklinde görülen sternebra malformasyonları, kalbin kısmen ya da tamamen toraks boşluğu dışında yer alması olarak tanımlanan ektopia kordis, pulmoner arter ve aorta arasında yer alan kalbin sağ ve sol tarafında şant oluşturarak yüksek basınçta kan akımının oluşmasına ve bununla birlikte sol ventriküler dilatasyon ve hipertrofi oluşumuna yol açan patent duktus arteriosus, kalbin büyük arterlerinin normalden farklı anatomik bağlantılar göstermesiyle nadiren trakea ile birlikte özefagusu sıkıştırması olarak tanımlanan vasküler ring anomalileri, diyaframda bulunan doğmasal bir defekttan karın iç organlarının cranial yönde fitikleşmesi olarak tanınan kongenital diyaframatik hernia gibi hastalıklar kongenital hastalıklar arasında yer alır (Salcı, 2012).

2.3.2. Travmatik Toraks Hastalıkları

Künt ya da sivri cisimlerin kontüzyonu sonucunda karşılaşılan bazı travmatik toraks hastalıkları tanımlanmaktadır (Salcı, 2012).

Yelken Göğüs (Flail Chest): Multiple costa kırıkları nedeniyle göğüs duvarının instabil olması ya da costaların costochondral bileşkedeki ayrılması sonucunda, toraksın diğer kısımlarından bağımsız hareket eden bir alanın oluşmasıdır. Ventilasyonda toraks duvarının paradoksikal hareketi ile solunum kapasitesi azalır (Salcı, 2012).

Pnömotoraks: Plevral boşlukta hava veya gaz birikmesidir. Travmatik pnömotoraks penetre veya künt travma sonucunda açık ya da kapalı olarak oluşur.

Açık pnömotoraks, toraks duvarındaki penetre yaralanmalar ile plevral boşluk ve dış ortam arasında serbest bağlantı oluşmasıdır. Kapalı pnömotoraks, hava pulmoner parankim, bronşlar veya özefagustan sızıntı şeklinde kaçarak birikir. Tansiyon pnömotoraks, pulmoner hasar sonucu plevral boşlukta hava toplanması olarak tanımlanır (Fossum, 2013; Salcı, 2012).

Pnömediasten: Mediastinal yapılarda hava birikimidir. Torakal trakea ve özefagus rupturları ile penetre boyun yaraları sonucu oluşur (Salcı, 2012).

Hemotoraks: Plevral boşluk içerisinde kan toplanmasıdır. Künt ya da penetre travmalar, cerrahi müdahaleler, koagulopatiler, neoplastik oluşumlar, toraks damarlarının yırtılmasına neden olan durumlar sonucunda şekillenmektedir.

Şilothorax: Lenfatik drenajı sağlayan thoracic ductus'un rupturuna bağlı plevral boşlukta şilöz sıvı olmasıdır (Salcı, 2012).

Piyotoraks: Penetran travma, torakosentez veya torakotomi sonrası oluşan mikroorganizmal kontaminasyon sonucu komplikasyon olarak plevral boşlukta enfekte sıvı birikmesidir (Salcı, 2012).

Pulmoner Kontüzyon: Künt ya da penetre toraks travması sonucu akciğer parankiminde oluşan patolojik lezyondur (Salcı, 2012).

Travmatik Hernia Diyaframatika: Travma sonucu oluşan diyaframdaki yırtıktan abdomen içindeki organ veya organların göğüs boşluğuna geçmesidir (Salcı, 2012).

2.3.3. Non-travmatik Toraks Hastalıkları

Herhangi bir travma olmaksızın karşılaşılan hastalıklardır. Örnek olarak pulmoner apse, kronik obstruktif akciğer hastalığı, pulmoner karsinoma, spontan pnömotoraks, hidrotoraks, hemotoraks, çeşitli neoplaziler, plevritis, kardiyomyopati, lenfanjiektazi, şilotoraks gibi toraks patolojileriyle karşılaşılır (Salcı, 2012).

2.4. Akciğere Spesifik Cerrahi Hastalıklar

Pulmoner kontüzyon: Toraks travması sonucu akciğer parankiminde intersitisyel veya alveoler düzeyde şekillenen patolojik durumdur. Travmanın etkisine bağlı olarak genellikle pnömotoraks, hemotoraks, costa kırıkları, yelken göğüs (flail chest) ve hernia diyaframatika gibi diğer toraks patolojileri pulmoner

kontüzyona eşlik edebilir. Fiziki muayene bulguları pulmoner kontüzyonun hafif, orta ve şiddetli oluşuna göre değişir. Genellikle öskültasyonda sert akciğer sesleri, artan bronşial ve bronkoveziküler sesler algılanır. Orta şiddette taşipne, şiddetli durumlarda siyanoz, dispneik solunum ve şok görülür. Radyolojik muayenede, intersitisyel veya şiddetli alveoler pulmoner desenler gözlenir. Tedavi patolojinin şiddetine göre değişir. Hafif olgularda istirahat ve takip önerilir ve travma sonrası ilk 24-48 saatte genel durumunda kötüleşme olabilir. Orta dereceli olgularda, pulmoner ödem varlığında diürezis, intravenöz sıvı verilmesi, oksijen desteği ve gerektiği durumlarda mekanik ventilasyon önerilir. Şiddetli olgularda, hastanın stabilizasyonu ve vital parametrelerin takibi, agresif sıvı uygulamasından kaçınmak, doku perfüzyonunu düzeltmek, optimum kardiak output için intravenöz sıvı verilmesi, bronkodilatatör ve analjezik kullanımı, gerektiği hallerde kortikosteroid uygulanması ve mekanik ventilasyon gibi uygulamalar önerilir (Salcı, 2012).

İdiopatik pulmoner fibrozis: Genellikle nedeni bilinmeyen, progresif karakterde, intersitisyel fibrozis ile sonuçlanan bir intersitisyel akciğer hastalığıdır. İntersitisyel akciğer hastalıklarını enfeksiyöz ajanlar, toksinlere maruz kalma, ilaç reaksiyonları, immünolojik durumlar ya da neoplastik hastalıklar tetikler. Klinik olarak inspirasyonda krepitasyon, öksürme, egzersiz intolerans, dispne ve siyanoz gözlenir. Patolojinin tanısında bilgisayarlı tomografi (BT) bulguları önemli bilgi verir. İntersitisyel alanda kollajen birikimi, tip II pnömonosit hiperplazisi ve alveoler septal fibrozis ve idiyopatik pulmoner fibrozis lezyonları arasında yer alır (Thierry ve ark., 2017).

Pulmoner apse: Akciğerde kavitasyonlara neden olan lokal irin birikimidir. Yabancı cisimlerin inhalasyonu ya da penetre toraks duvarı yaralanmaları, pulmoner enfeksiyonlar veya pulmoner yabancı cisimlere bağlı sekonder olarak oluşur. Aspirasyon pnömonisi, neoplazi, bakteriyel pnömoni, fungal enfeksiyonlar veya parazitlerin komplikasyonu olarak da şekillenir. Tanıda, toraks radyografisi, ultrasonografi ve BT'den yararlanılır (Fossum, 2013). Piyotoraks ve pulmoner apse genellikle birlikte seyredir. Tedavide, antibiyoterapi gerekir ancak atelektazi varsa pulmoner lobektomi uygulanarak sağaltım yapılmalıdır (Salcı, 2012).

Akciğer lop torsiyonu: Bir akciğer lobunun uzun eksenini etrafında, bronş ve pulmoner damarlar ile birlikte hilus etrafından bükülerek dönmesi olarak tanımlanır

(Benavides, Rozanski, & Oura, 2019). Birçok predispoze faktörün etkisiyle (toraks travması, plevral efüzyon, hernia diayafamatika, pnömotoraks ve toraks cerrahisi vb.) oluşan akciğer lob torsiyonu, büyük ırk köpeklerde en fazla sağ orta akciğer lobunda ve ikincil olarak küçük ırk köpeklerde sol cranial akciğer lobunda oluşur. Radyolojik muayenede, plevral efüzyon oluşumu ve patolojik lobun kontrast olarak diğerlerinden ayrıldığı görülür (Fossum, 2013; Thrall, 2013). Kontrast bronkografi, bronkoskopi ve eksploratif torakotomi ile de tanı doğrulanır. Operatif olarak etkilenmiş lobun lobektomisi yapılır (Fossum, 2013).

Akciğer neoplazileri: Akciğer neoplazileri tek bir kitle ya da çoklu halde bulunur. Primer akciğer neoplazilerine, metastaz nedenli bulunanlardan daha az rastlanır. Neoplaziler histopatolojik bulgulara göre adlandırılır. Adenokarsinom köpek ve kedilerde en sık karşılaşılan neoplazilerdir. Yassı hücreli karsinom ve anaplastik karsinoma daha az rastlanır. Bağ doku kökenli osteosarkom, fibrosarkom ve hemangiosarkom gibi tümörler nadiren primer olarak görülür. Pulmoner tümörlerin çoğu malign karakterdedir fakat bening olarak papillar adenom, bronşial adenom, fibrom, miksokondrom ve plasmasitom gibi tümörlerle de karşılaşılır. Son derece agresif olan pulmoner neoplaziler metastaz yapmaya eğilimlidirler. Akciğere en çok metastaz yapan tümörler arasında meme ve tiroid karsinomu, hemangiosarkom, osteosarkom, yassı hücreli karsinom, geçiş hücreli karsinom, oral ve digital melanomlar yer alır. Tanıda toraks radyografisi ve BT'den yararlanılır. Tümör tipine göre gerekirse cerrahi olarak çıkarılır (Fossum, 2013).

Bronkoplevral fistül: Travmatik veya postoperatif komplikasyon nedeniyle hava yollarının plevral boşluk ile bağlantılı hale gelmesidir. Etkilenmiş hastalarda dispnea ve şiddetli solunum stresi görülür. Radyolojik olarak kapalı pnömotoraks görülmekte ve kontrast bronkogram ile tanı kesinleşmektedir. Torakotomi ile patolojinin kaldırılması ve bölgenin spesifik onarımı yapılır (Salcı, 2012).

Bronkoözefagal fistül: Penetre özefagal yabancı cisimler nedeniyle oluşan, kedi ve köpeklerde yaygın görülmeyen, içme ve yeme sırasında solunum güçlüğü, regürjitasyon, öksürük, ateş, depresyon gibi bulgularla seyreden bir patolojidir. Kontrast radyografi ile tanı konur ve tedavide perfore özefagusun onarılması ve ilgili patoloji bulunan lobun lobektomisi yapılır (Monet, 2018; Salcı, 2012).

2.5. Toraksın İncelenmesinde Kullanılan Görüntülü Tanı Yöntemleri

2.5.1. Radyolojik Muayene

Vücutta incelenmek istenen bölgenin uygun pozisyonda konumlandırılarak, X ışınları yardımıyla bir film üzerinde iki boyutta siyah-beyaz tonlarda radyografik görüntü oluşturma tekniğidir (Görgül, & Seyrek-İntaş, 2013).

Toraks radyolojisi, toraks ve pulmoner hastalıkların değerlendirilmesinde diğer tanı yöntemlerine göre daha düşük maliyetli olması ve tanısal bilgiyi kısa sürede sunması nedeniyle küçük hayvan pratiğinde en başta tercih edilen görüntülü tanı yöntemidir (Boztok Özgermen, & Bumin, 2016b). Toraks'ın radyografik görünümünün elde edilmesinde, sağ ve sol lateral, ventrodorsal (VD) ya da dorsoventral (DV) pozisyonlar kullanılır (Kealy ve ark., 2011).

Toraks radyografisi sırasında solunum fazları, normal ve patolojik bulguların değerlendirilmesi açısından önemlidir. Torakal yapılarda optimal düzeyde kontrast, detay ve netliğin sağlanması için ışınlama inspirasyonun pik olduğu esnada yapılmalıdır. Akciğer parankiminin görünümü respirasyon fazına göre değişiklik gösterir. Ekspirasyon fazında alınan radyografilerde akciğer kontrastı arttığı için görüntüler pulmoner hastalık olarak yorumlanabilir. Aynı zamanda vasküler yapıların ekspirasyon fazında netliği, boyutu ve dağılımının değerlendirilmesi inspirasyon fazından daha sınırlı olmaktadır (Burk, & Feeney, 2003).

Hava ve yumuşak dokunun kontrastı farklı olduğu için akciğerlerin morfolojisi direkt radyografilerde kolaylıkla incelenebilir. Çok sayıda hava boşluğu, kan damarları, lenfatikler ve bronşlar intersitisyel konnektif dokuyla birlikte oluşan heterojen yapı akciğer görünümünü oluşturur (Thrall, 2013).

Her bir akciğer lobunun kapladığı alan, lobların birbirleriyle ve yakınındaki torakal organlarla olan anatomik ilişkisinin bilinmesi, çoğu pulmoner patolojilerin saptanması açısından önemlidir (Burk, & Feeney, 2003). Akciğerler türlere göre çeşitli loblara ayrılır. Köpeklerde sağ akciğer, cranial, orta, caudal ve accessor loba ayrılır. Sol akciğer de cranial ve caudal olarak ayrılır ancak sol cranial akciğer lobu kendi içinde cranial ve caudal olarak bölümlenir (Thrall, 2013). Lateral radyografilerde sağ cranial akciğer lobu, trakeal bifurkasyondan toraks girişine doğru 1 ya da 2. costanın cranialine doğru yönelir ve kardiyak silüetin cranial yüzünü sararak cranial toraks'ın büyük bir çoğunluğunu kaplar. Sağ orta akciğer lobu üçgen

şeklinde görünümüne sahiptir ve apeksi dorsalde trakeal bifurkasyona, bazisi kardiyak silüeti kaplayarak ventralde sternuma doğru uzanır. Sağ caudal akciğer lobu, dorsalde trakeal bifurkasyona ve sağ cranial akciğer lobuna bağlanır ve orta akciğer lobunun ventrali ile temas ederek caudalde diyafram ve ventralde sternuma doğru uzanır. Accessor akciğer lobu, kalp silüeti ve diyafram arasında bulunur. Dorsalde caudal vena cava üzerinden özefagusu ventralde ise sternuma doğru yönelir. Sol cranial akciğer lobu, sağ cranial ve orta akciğer loblarının bulunduğu konuma benzer bir alanı kaplar. Sol cranial akciğer lobu, trakea'dan köken alan ana bronş tarafından iki segmente bölünür ve böylelikle farklı hastalıkların seyrinde loplara ayrı olarak etkilenir. Sol cranial lob, sağ cranial lobun cranial kenarının ötesine ve 1. costa düzeyine uzanır. Sol caudal akciğer lobu da sağdakine benzer konumda bulunur (Burk, & Feeney, 2003; Kealy ve ark., 2011).

VD ve DV radyografilerde, sağ cranial akciğer lobu, cranial toraksın sağındadır ve cranial orta hat boyunca kalp silüetine doğru uzanır. Sağ orta akciğer lobu kardiyak silüetin bir kısmını kaplar. Sağ caudal akciğer lobu, dorsal olarak orta hat boyunca sağ caudal toraksta yer alır ancak sağ orta ve accessor akciğer loblarıyla ventralde ayrılır. Accessor akciğer lobu, kalp ve diyafram arasında yer alır, caudal vena cava'nın etrafını kaplar. Sol cranial akciğer lobu, orta hat boyunca 1. costa düzeyine doğru yönelerek sol cranial toraksta bulunur. Sol caudal akciğer lobu orta hat düzeyinde sol caudal toraksta yer alırken accessor lob aracılığıyla orta hattın soluna doğru yer değiştirir (Burk, & Feeney, 2003).

Lateral toraks radyografilerinde, altta kalan akciğerler hafif derecede kollabe olur. Böylelikle, sağ lateral radyografilerde sol akciğer yapıları ve anomalileri daha iyi gözlenirken, sol lateral pozisyonlarda sağ akciğer loblarına ait bulgular daha iyi değerlendirilir. Pulmoner arter ve venler ile daha büyük hava yolları akciğer dokusunda tanımlanabilir. Pulmoner damarlar sıvı opasitesindedir, kademeli olarak incilir ve periferlere doğru dallanan yapıları izler. Röntgen ışınları bronşlara dik açıyla geldiğinde damarların oluşturduğu dairesel opasiteler ile karışabilir. Pulmoner arter ve venler, bronşların iyi görüldüğü pozisyonlarda tanımlanabilir. Lateral radyografide, pulmoner arter bronşa göre dorsalde, pulmoner ven ise ventralde yer alır. VD radyografide, bronşa göre pulmoner arter lateralde, pulmoner ven ise medialde saptanır. Bir bronşun pozisyonu iki paralel kan damarı arasında radyolüsent

bir saha olarak belirlenebilir. Bronşun duvar yapısı nadiren radyografik olarak görünür. Ancak pulmoner hastalık ya da ileri yaşlarda karşılaşılabilen kalsifikasyon ve fibrozis gibi durumlarda bronş duvarları daha görünür hale gelir. Longitudinal olarak bronş duvarları ince, birbirine paralel ve sıvı opasitesinde hatlar halinde ya da kesit olarak bakıldığında ortası siyah yuvarlak halka şeklinde görülür (Burk, & Feeney, 2003; Thrall, 2013).

2.5.1.1. Akciğer Patolojilerinin Radyografik Bulguları

Akciğerin normal radyoanatomisinin bilinmesi ile ancak radyografilerdeki patolojiler değerlendirilebilir. Akciğerin bronş, alveol, intersitisyum ve vasküler yapılarında oluşan farklı desenler ile patolojiler tanınabilir (Thrall, 2013).

İntersitisyel akciğer deseni: İntersitisyum, akciğerin alveol duvarları dışında kalan kısımdır. İçerisinde, alveoler duktus ve alveollerin duvarı, interlobuler septum, kapiller damarlar, lenfatik kanallar, bronşiol ve pulmoner damarlar yer alır. İntersitisyel yapı, pulmoner intersitisyumda dansite artışı ile belirlenir. İntersitisyel yapılar; kaviter ve kaviter olmayan nodüler intersitisyel akciğer deseni, milier intersitisyel desen, diffuz ve lokal şekilsiz intersitisyel yapılar olarak sınıflandırılabilir. Şekilsiz intersitisyel yapı linear, nodüler veya retikülonodüler komponentleri içerebilir (Kealy ve ark., 2011).

Alveoler akciğer deseni: Alveoler desen, hücrel debris, neoplastik infiltrat, kollaps, atelektazi veya konsolidasyon varlığında oluşur. Alveoler duktus ve terminal bronşiooller etkilenir. Alveollerdeki havanın yerini eksudat, hemoraji ve ödem sıvısı aldığı anda akciğerin radyoopasitesi artar ve alveoler desen oluşur. Alveollerin sergilediği görünüm, beyaz zemin üzerinde siyah dallanmalar şeklindedir. Akciğer opasitesi arttığında bronşlar radyolusent tubuler ya da dallanmış yapılar şeklinde görülür ve “hava bronkogramı” olarak tanımlanır. Hava bronkogramı, alveoler desen için karakteristik bir özelliktir (Thrall, 2013). Alveoler desen, pulmoner ödem, pulmoner kollaps, intrapulmoner hemoraji, pnömoni, infarktüs, alerji, obstrüksiyon, atelektazi gibi durumlarda görülür. Hava bronkogramı atelektazi, lob torsiyonu, konsolidasyon durumlarında da görülür (Kealy ve ark., 2011).

Bronşial akciğer deseni: Akciğer radyografisinde bronşial yapıların görülebilmesi anatomik olarak duvarlarının ince olması ve etrafında hava ile dolu

alveollerin bulunmasından dolayı zordur. Ancak yaşa bağlı bronşial duvarın kalsifikasyonu ve pulmoner inflamatuvar değişiklikler nedeniyle bronşial duvarlar görünür hale gelir. Bronşial ve peribronşial infiltrat durumunda etkilenen bronşlar yüzük şeklinde görülür. Bronşial kıkırdaktaki kalsifikasyon, akciğer sahasında periferik doğru uzanan çizgiler olarak tanınır. Bronşiektazi, bronşial obstrüksiyon, bronkopnömoni ve kronik bronşitlerde bronşial desen farkedilir (Thrall, 2013).

Vasküler desen: Radyografik olarak pulmoner damarlarda büyüklük, belirginlik, damarsal kontur, dallanma ve yön değişikliği görülür. Hipovasküler desende, arter ve venlerin boyut ve sayısında azalmadan dolayı etkilenmiş akciğer lobları normalden daha radyolüsent gözüktür. Hipovolemi, şok, dehidrasyon, amfizem, tromboembolizm ve sağ kalp yetmezliği gibi hastalıklarda hipovasküler desen gözlenir. Hipervasküler desende, damarlar dolgun ve genişlemiştir, periferik pulmoner venlerin boyutu ve etkilenen pulmoner yapının opasitesi artmıştır. Genellikle sol kalp yetmezliğine bağlı pulmoner konjesyon, pulmoner arteriyel hipertansiyon, patent duktus arteriosus gibi hastalıklarda hipervasküler desen saptanır (Kealy ve ark., 2011).

2.5.2. Ultrasonografik Muayene

Ultrasonografi, vücutta incelenmek istenen bölgeye insan kulağının duyamayacağı kadar yüksek frekanslı impulslar halinde ses dalgalarının gönderilmesi ve farklı doku sınır yüzeylerinden yansıtılarak proba geri dönen ses ekolarının elektrik sinyale dönüşerek siyah ve beyaz tonlarda görüntü oluşturması tekniğidir (Görgül, & Seyrek-İntaş, 2013).

Non-kardiyak toraks ultrasonografisinin uygulanması veteriner pratikte her geçen gün artmaktadır. Toraks'taki yapıların değerlendirilmesi akciğerlerin havayla dolu olmasından dolayı engellenir (Boztok Özgermen, & Bumin, 2016b). Ancak muayene için uygun bir akustik pencere oluşturan, kollabe ve konsolide olmuş akciğer lobları, toraks kitleleri ve plevral efüzyon varlığında ultrasonografi yapılabilir. Toraksın ultrasonografik muayenesinden önce, lezyonun tespiti ve uygun bir akustik pencere tanımlamak için radyografik değerlendirme yapılmalıdır (Larson, 2009; Penninck, & d'Anjou, 2013). Toraks ultrasonografisinde intercostal, subcostal

(transhepatik) ve toraks girişi gibi yaklaşımlardan uygun olanı kullanılarak patolojiler saptanır (Penninck, & d'Anjou, 2013).

Toraks ultrasonografisinin endikasyonları olarak plevral efüzyon, mediastinal ve pulmoner kitleler, akciğer konsolidasyonu, atelektazi, lob torsiyonu, toraks duvarı ya da plevral kitlelere yapılan ince iğne aspirasyonu ve biyopsi sayılabilir (Boztok Özgermen, & Bumin, 2016b; Larson, 2009; Penninck, & d'Anjou, 2013).

2.5.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT, organizmadan geçen X ışınlarının farklı yoğunluktaki dokulardan süzülükten sonra karşı dedektörlerde oluşturduğu elektrik sinyallerinin bilgisayar vasıtasıyla kesitler halinde görüntüye dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır (Görgül, & Seyrek-İntaş, 2013; Fossum, 2013).

Veteriner pratikte teknolojinin ilerlemesiyle birlikte kullanımı artan BT, hastalıkların tanısında radyografi, ultrasonografi gibi görüntüleme yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda tercih edilir. BT, incelenen bölgenin kesitsel görüntülenmesi sonucu üç boyutlu görüntü sağlayan tıbbi bir yöntemdir (Boztok Özgermen, & Bumin, 2016a). Elde edilen görüntüler, dokuların X ışınını absorbe etme özelliğine göre farklı radyodensite değerleri ile ifade edilir. Su 0, yağ -135 ile -105 arasında, yumuşak doku +1 ile +100 arasında, mineral +100 ile +3.000 ve hava -1000 atenüasyon değeri almaktadır. En yüksek değer beyaz rengi, azalan değerler daha gri ton ve en düşük değer de siyah rengi vermektedir (Masseau, & Reinero, 2019). Toraksın BT görüntüleme endikasyonunda; trakeal kollaps, toraks duvarı, lenf nodülleri, mediastinum, plevra ve akciğerlerin primer ya da metastazik neoplazileri, kongenital anomaliler, plevral ve perikardiyal efüzyon, akciğer lob torsiyonu, akciğer kollapsı, pulmoner ödem, pulmoner tromboembolizm, pulmoner parankimal ve bronşial hastalıklar, kist, apse, hernia diyaframatika, pnömotoraks, pnömomediasten gibi patolojiler yer alır (Boztok Özgermen, & Bumin, 2016b; Masseau, & Reinero, 2019; Rycke, Gielen, Simoens, & van Bree, 2005).

2.5.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

Manyetik alan içinde vücuda gönderilen radyofrekans dalgaları ile dokularda hidrojen atomu çekirdeğindeki protonların uyarılması sonucu yayılan radyo

sinyalleriyle oluşan görüntüleme tekniğidir (Fossum, 2013; Görgül, & Seyrek-İntaş, 2013). Yumuşak dokuda yüksek çözümleme yeteneğine sahiptir. MRG'de temel olarak T1 ve T2 ağırlıklı iki ana sekans kullanılır. T1 ağırlıklı sekanslar çok iyi yumuşak doku kontrastı ve rezolüsyon sağlar. Bu nedenle anatomik değerlendirme için T1 sekans tercih edilir. T2 ağırlıklı sekanslar patolojik sinyal yoğunlukları değişiklikleri ile ön plandadır (Fossum, 2013; Herek, & Karabulut, 2010). Dokuların sinyal yoğunlukları içeriklerine göre (kan, yağ, sıvı vb.) farklı relaksasyon süresine sahiptir (Herek, & Karabulut, 2010). Suyun T1 ve T2 relaksasyon süresi uzunken, yağın kısadır. T1 sekansında, su (örneğin ödem, BOS) koyu renk (hipointens), yağ daha parlak (hiperintens) görülür. T2 sekansında, su hiperintens ve yağ T1 sekansa göre daha az yoğun görülür (Fossum, 2013).

MRG, genellikle sinir sistemine ait patolojilerin tanısında kullanılsa da karnın ve göğüs boşluğundaki organ hastalıkları, vasküler hastalıklar, kas, tendo, kıkırdak ile ilgili hastalıklar, yumuşak doku hastalıkları ve tümörlerin tanısında endikasyon bulmaktadır (Fossum, 2013). Toraksta kullanılan MRG, bazı parankimal akciğer hastalıklarının tanısında ve mediastinal hastalıkların belirlenmesinde, plevral sıvı, empiyem, konsolidasyon ve kitle gibi solid lezyonların ayrımında endikedir (Herek, & Karabulut, 2010).

2.5.5. Endoskopik Muayene

Endoskopi, iç organlar, vücut boşlukları ve eklemlerin inspeksiyonu, yabancı cisimlerin uzaklaştırılması ve endoskopi esnasında görülen patolojilerden histopatolojik, sitolojik veya mikrobiyolojik örnek toplama için başvurulan minimal invazif bir yöntemdir. İncelenecek anatomik bölgeye, kullanılacak teknik ve cerrahi prosedüre göre rijit veya esnek yapıda endoskoplara tercih edilir (Fossum, 2013; Preena, Vineetha, Aneesha, Mohan, & Vibin, 2016).

Endoskopi uygulandığı bölgeye göre otoskopi, rinoskopi, bronkoskopi, torakoskopi, laparoskop, artroskop ve sistoskop gibi farklı isimler alır (Preena ve ark., 2016). Toraksın endoskopik muayenesinde, plevral ve perikardiyal efüzyon, pulmoner hastalıklar, mediastinal lezyonlar, diyafram patolojileri, özefagus hastalıkları, lenfadenopati, şilotoraks, pulmoner kitleler, spontan pnömotoraks gibi hastalıkların tanısal ya da tedavi edici yaklaşımlarında torakoskop kullanılırken,

trakea ve bronşlardaki patolojilerin belirlenmesinde mikrobiyolojik, sitolojik ve histopatolojik numune alınmasında bronkoskop kullanılır (Tams, & Rawlings, 2011).

2.6. Toraks Cerrahisinde Anestezi

Toraks'ın büyük cerrahi prosedürleri için genel anestezi ve mekanik ventilasyon gerekir. Akciğerlerin toraks içerisinde inspirasyon ve ekspirasyona uyumunu sağlayan intratorakal negatif basınçtır. Toraks cerrahisi sırasında akciğerlerin normal işlevlerini yerine getirebilmeleri için hastanın pozitif basınçlı ventilasyon ile desteklenmesi gerekir. Bu destek, manuel olarak rezerv balonuyla akciğerlerin aralıklı şişirilmesi ile ya da mekanik ventilasyonla yapılır. Bu sayede, inspirasyon ve ekspirasyon sırasında gaz değişimi sağlanır. İnspirasyon ve ekspirasyon oranı manuel ve mekanik ventilasyonda önemlidir. Bu oranın 1/2 ya da 1/3 olması kardiyak dolun için gereklidir. Aksi halde koroner ve pulmoner sirkülasyonda ve venöz kanın kalbe dönüşünde aksamalar olur (Topal, 2005). Toraks cerrahisi öncesi başlatılan 3-7 cmH₂O değerdeki pozitif ekspirasyon sonu basıncı (PEEP), akciğerin hareketsiz kalmasını önler ve ekspirasyon sonunda alveollerin açık kalarak gaz değişiminin düzenli olmasına sağlar. Daha yüksek PEEP seviyeleri, kalp debisi ve arteriyel kan basıncı üzerinde olumsuz etkiye neden olabilir (Ryan, Borland, & Bradbrook, 2019).

Çoğu anestezi ilaç solunum depresyonuna neden olur. Agonist opioidler (oksimorfon, hidromorfon, morfin ve fentanil) güçlü analjeziklerdir ancak aynı zamanda güçlü solunum depresanlarıdır. Opioid agonist-antagonist olan butorfanol, minimal solunum depresyonu yapar ve sedatif etkisi iyidir ancak göğüs cerrahisi için yeterli analjezi sağlamaz. Hasta kritikse ancak stabil edildiyse ve normal ventilasyon yapabiliyorsa, premedikasyon için nöroleptanaljezikler kullanılır. Genellikle bu durumda bir opioid ile diazepam veya midazolam gibi bir benzodiazepin tercih edilmelidir. Benzodiazepinlerin terapötik dozları solunum sistemi üzerine minimal düzeyde etki yapar. Bu nedenle solunum sıkıntılı hastalarda iyi bir seçenektir. Acepromazin, veteriner hekimlikte kullanılan en yaygın fenotiyazin türevi sakinleştiricidir. Daha yüksek dozları depresyon yapsa da ventilasyon üzerine minimal etkiye sahiptir. Acepromazin bazı hastalarda solunum hızını düşürebilir ancak tidal hacim arttığı için dakika hacmi genellikle sabit kalır (Ryan ve ark., 2019).

Alfa-2 agonistlerinin (ksilazin, deksmedetomidin) solunum sistemi üzerinde doza ve hastaya göre değişik etkileri bulunur. Bazı hastalarda sadece hafif solunum depresyonu yaparken diğer hastalarda belirgin bir etki göstermeyebilir. Antikolinergik ilaçlar atropin ve glikopirolat, vagus sinirinin uyarılmasını bloke ederek parasempatik etkileri tersine çevirirler. Brakiolsefalik ırklar gibi yüksek vagal tonusu olan köpeklerde premedikasyon olarak antikolinergik kullanımı önerilir. Bu ilaçlar aynı zamanda tükürük ve bronş salgılarını da azaltır. Antikolinergiklerin kritik veya çok stresli hayvanlarda uygulanması kontrendikedir. Genellikle bu hayvanlar kardiyovasküler risk altındadır ve miyokardiyal kontraktilite artışı ile birlikte antikolinergiklere bağlı oksijen tüketimindeki artış zararlı olabilir (Topal, 2005).

Solunum sıkıntısı olan hastalarda oksijenasyon önerilir. Entübasyonun zor olduğu durumlarda hastada apnea gelişirse oksijenizasyonla akciğerlerin fonksiyonel rezidüel kapasitesindeki oksijen içeriğini arttırmak gerekir. Propofol hızlı indüksiyon sağlar ancak indüksiyonu sonrası geçici apnea ve hipotansiyona neden olabilir. Ketamin/midazolam (veya diazepam) iyi bir seçim olabilir. Ketamin dolaylı olarak kardiyovasküler sistemi destekleyerek analjezi de sağlar ve midazolam ise iyi bir kas gevşemesi oluşmasına katkıda bulunur. Etomidat geçici solunum depresyonu ve apneye neden olabilir. Kardiyovasküler bozukluğu olanlarda etomidat tercih edilebilir. Anestezi derinliğinde hızlı değişiklikliğe izin veren izofloran, sevofloran veya desfloran gibi volatil likit anestezikler toraks anestezisinde idame olarak en çok tercih edilenlerdir. Maske ile indüksiyon, solunum sıkıntısı çekenler için riskli olabilir (Fossum, 2013; Grubb, 2010).

Lokal anestezi tekniklerinin çoğunda bupivakain veya %0,5'lik ropivakain gibi uzun etkili ilaçlar önerilir. Torakal paravertebral bloklar, intervertebral foramenlerden çıkan torakal spinal sinirleri bloke ederek toraksın somatik ve visseral analjezisini sağlarlar (Portela, Romano, & Otero, 2019).

Anestezi esnasında, torakotomi hastalarında monitorizasyon için puls-oksimetre, kapnograf, elektrokardiografik monitör, arteriyel ve sentral venöz basınç katateri gibi özel ekipmanlar kullanılır. Hematolojik, biyokimyasal ve kan gazı analizleri için venöz ve arteriyel yolların açılması gerekir. Perfüzyon parametreleri arasında sirkülasyon, mukozal membran rengi, kapillar dolum zamanı, beden ısısı, nabız, mental durum, periferal sıcaklık durumları, gözlerin pozisyonu, çene tonu,

oküler refleksler izlenmelidir. Preoperatif toraks radyografisinin değerlendirilmesi solunum sisteminin durumu hakkında bilgi verir. Preoperatif dönemde intravenöz kateterizasyonu ile sirkülasyonun stabilizasyonunda kristalloid ya da kolloid gibi sıvılar verilebilir (Ryan ve ark., 2019; Salcı, 2017).

2.7. Toraks Cerrahisinde Analjezi

Toraks cerrahisi küçük hayvanlarda solunum fonksiyonlarında değişikliklere neden olduğu için ağırlı bir işlem olarak kabul edilir. Farklı cerrahi yaklaşım ve tekniğe uygun analjezik protokolün seçimi iyileşme açısından da önemlidir. Ameliyat sonrası ağrının nedeni cerrahi yaklaşım ve ensizyonun tipine göre değişir. İntercostal torakotomi sonrası ağrı, intercostal sinir irritasyonu ile ilgilidir. İntercostal torakotomi ensizyonu kapatmada uygulanan dikişler intercostal sinirleri sirkumkostal olarak sıkıştırarak ağrıya neden olur. Bu nedenle, köpeklerde transcostal dikiş kullanımı daha az ağırlı olduğu için önerilir (Guillaumin, & Adin, 2015; Pavlidou, Papazoglou, Savvas, & Kazakos 2009).

Torakotomi sonrası ağrı, somatik ve visseral afferent sinirlerden kaynaklanan nosiseptif ve nöropatik mekanizmalardan ileri gelir. Deri ensizyonu, costa retraksiyonu, kas diseksiyonu, pariyetal plevra yaralanması ile oluşan ağrı ile merkezi sinir sistemine (CNS) nosiseptif somatik afferent sinirler ile iletilirken, bronş, visseral plevra ve perikard yaralanmasından sonra oluşan ağrı nosiseptif visseral afferentler olan frenik ve vagal sinirler ile CNS'ye iletilir (Joy, 2019).

Toraks cerrahisi analjezi yönetimi, ensizyon alanı ile CNS arasındaki nosiseptif uyarıların iletimini durdurmayı, periferik ve merkezi duyarlılığı engellemeyi amaçlar. Opioidler ve diğer analjezik ilaçlar parenteral, intercostal ve intraplevral blokaj ve epidural olarak küçük hayvanlarda tercih edilir. Hayvanın tür ve boyutuna göre farklı dozlarda epidural analjezi, intercostal sinir blokajı ve torakotomi tüpü aracılığıyla interplevral %0,5'lik bupivakain kullanımı genellikle önerilir. Bupivakain, küçük hayvanlarda en sık kullanılan lokal anesteziktir ve lidokain veya mepivakainden daha uzun etki süresine sahiptir. Morfin veya oksimorfon'un parenteral kullanımına göre 12 saate kadar analjezi sağlar. Morfin, oksimorfon ve buprenorfin parenteral olarak uygulanır. Morfin ve oksimorfine kıyasla buprenorfin, köpeklerde solunum fonksiyonu üzerinde hiçbir olumsuz etkiye

sahip değildir. Analjezik gücü ve etkiyi hızlı bir şekilde titre etme yeteneği nedeniyle sistemik fentanil kullanılması da önerilir. Düşük dozlarda sürekli infüzyon halinde ketamin uygulanması da ağrı yönetiminde uygulanabilir. Nonsteroidler de solunum depresyonu oluşturmadıkları için toraks cerrahisi sonrası ağrı kontrolünde kullanılır (Pavlidou ve ark., 2009).

2.8. Torakotomi ve Torakotomi Teknikleri

Torakotomi, toraks duvarının cerrahi olarak ensize edilmesi olarak tanımlanır. Göğüs boşluğunun eksplorasyonu, akciğer ve kardiyak operasyonlar için tercih edilir. Torakotomi tekniği, costalar arasında yapılan bir ensizyon (lateral interkostal) ya da sternumun ayrılması (median ve transsternal sternotomi) ile gerçekleştirilebilir (Salcı, 2012). Torakotomi için kullanılan yaklaşım gereken ekspozisyona ve altta yatan hastalık nedenine yapılacak işleme göre değişir (Fossum, 2013). Beşeri ve veteriner hekimlikte aşağıda belirtilen torakotomi teknikleri uygulanır (Salcı, 2012).

- Lateral intercostal torakotomi
- Subperiostal costa rezeksiyonu yolu ile lateral torakotomi
- Periostun kısmi sıyrılması ile yapılan intercostal lateral torakotomi
- Transsternal torakotomi
- Longitudinal median sternotomi yolu ile torakotomi
- Kosta pivot torakotomi
- Transdiyaframatik torakotomi

2.8.1. Torakotomi Teknikleri

2.8.1.1. Lateral İntercostal Torakotomi

İntercostal torakotomi, göğüs boşluğunun eksplorasyonu ve toraks hastalıklarının cerrahi tedavisinde kullanılan bir tekniktir (Yoon, Lee, & Jeong, 2015). Ancak bu teknikte, göğüs boşluğuna sınırlı bir erişim sağlanır (Monet, 2018). Ulaşılmak istenen torakal yapı ya da mevcut patolojilerin ekspozisyonu için uygun intercostal alanı saptamada toraks radyografisi ya da ultrason, BT veya MRG gibi diğer görüntüleme yöntemleri kullanılabilir. Cerrahi planlanan torakal yapıların ekspozisyonuna bağlı olarak 3. intercostal alandan 10. intercostal alana kadar olan bölge lateral torakotomi için kullanılabilir (Orton, & Monet, 2018). Anatomik

bölgeye göre kalbin sağ tarafı (aurikula, atrium ve ventrikül), cranial ve caudal vena kava, sağ akciğer lobları, vena azygous, trakea, özefagus, sağ diyafram ve ductus thoracicus için sağ intercostal torakotomi yapılır. Sol intercostal torakotomi ile patent ductus arteriosus, persiste sağ aortik ark ve sol akciğer lobektomisi yapılabilir. Lateral intercostal torakotomi ile ulaşılmak istenen lobun (cranial, medial, caudal) lobektomisi için 4, 5 ya da 6. intercostal aralık tercih edilir (Fossum, 2013).

Lateral intercostal torakotomi uygulanacak hastaya lateral pozisyon verilir. Belirlenen intercostal aralıktan deri, subkutan doku ve musculus cutaneus trunci kaslarına kolumna vertebralisten sternuma doğru dikey bir ensizyon yapılır. Ardından musculus latissimus dorsi ensize edilir ve ilk costa'dan geriye doğru sayılarak intercostal alan kesinleştirilir. İntercostal ensizyonun cranialindeki costa'lar caudal costa'lardan daha kolay retrakte edilir. Bu nedenle yanyana bulunan iki intercostal alan arasında seçim yapmak gerektiğinde daha caudalde olan tercih edilmelidir. Skalenus ve pektoral kaslar ipliklerine dik olarak makasla ayrılır. Seçilen intercostal alandaki serratus ventralis kaslarının iplikleri de ayrıldıktan sonra costachondral birleşim düzeyinden, musculus intercostalis externus kas iplikleri altına makas yerleştirilerek intercostal alanın merkezinden dorsale doğru makas ilerletilir ve kas ensize edilir. Benzer şekilde musculus intercostalis internus kası da ensize edilir. Toraks boşluğuna girileceği sırada anesteziist ile iletişim kurulur ve akciğerler ile plevra belirlendikten sonra küt olarak makasla plevra perfore edilerek plevral boşluğa girilir. Toraksa giren hava akciğerlerin kollabe olmasına neden olur. İstenilen ekspozisyon için ensizyon hattı dorsal ve ventral yönde uzatılır. Sternumun yakınında subplevral yerleşimli intercostal torakal damarların kesilmemesine dikkat edilir. Ensizyon kenarlarına nemlendirilmiş petler yerleştirilir. Costaları ayırmak için Finochietto retraktörü kullanılır. Daha fazla ekspozisyon gerektiği durumlarda ensizyon hattına bitişik olan bir costa çıkarılabilir. Torakostomi tüpü uygulanacaksa, toraks boşluğu kapatılmadan önce yapılmalıdır (Fossum, 2013; Salcı, 2012).

Torakotomi ensizyonunu kapatmak için ensizyon bitişiğindeki costaların etrafından dört ile sekiz adet (hayvan boyutuna bağlı olarak 3,0-2 no) monofilament emilebilir veya emilmeyen dikiş materyali geçirilir. Costa yaklaşımcısı (aproksimatör) ile costalar yaklaştırılır veya bir asistan costalara zıt yönde dikiş materyallerini çekerek çarpazlar ve dikiş materyalleri düğümlenir (Salcı, 2012).

Costa'ların yaklaştırılarak torakotomi ensizyonunun kapatılmasında uygulanan pericostal dikiş tekniği, caudaldeki costanın caudomedialinden geçen nöromuskuler demete bası yapar ve sinirlerin hasar görmesine ve ağrı ile birlikte cutaneus paresteziye neden olabilir. Bu durumu engellemek için transcostal dikiş tekniği tanımlanmıştır. Bu teknikte caudaldeki costanın ortası delinerek iplikler bu deliklerden geçirilir ve böylece nöromuskuler demete bası oluşmaz (Fossum, 2013; Leandro, Rodrigues, Slaets, Schmidt Jr, & Yaekashi, 2014).

Serratus ventralis, skalenus ve pektoralis kasları emilebilir dikiş materyali ile sürekli dikiş tekniği ile dikilir. Benzer şekilde latissimus dorsi kası da dikilir. Thorax boşluğunda kalan havanın çıkarılabilmesi için torakostomi tüpü veya iğne katater kullanılır. Subkutan doku ve deri rutin olarak kapatılır (Salcı, 2012).

2.8.1.2. Costa Rezeksiyonu Yolu ile Lateral Torakotomi

Costaların rezeksiyonunun sağlanması ile yapılan torakotomi tekniğidir. Toraks duvarı tümörlerinin en-blok eksizyonunda ya da intercostal alan dışında costa ile bağlantılı kitlelerin uzaklaştırılmasında kullanılır (Hunt, 2018).

2.8.1.3. Transsternal Torakotomi

Transsternal torakotomi, göğüs boşluğunun geniş olarak eksplorasyonunu sağlar. Bilateral yapılan intercostal ensizyonlarının birleştirilmesi esasına dayanan transsternal torakotomi ile toraksın cranial ve caudal segmentleri ayırt edilir. İntercostal ensizyon sonrası osteotomi yapılacak alandaki internal toracal arter ve venler ligatür edilir, sternebra transversal osteotomi yapılır. Ensizyon hattının kapatılırken, sternebra küçük pin ve serklaj teli ile stabilize edilir (Hunt, 2018).

2.8.1.4. Median Sternotomi ile Torakotomi

Toraks boşluğunun bilateral ekspozisyonu için median hatta sternebra'nın kesilmesi ile yapılan bir tekniktir. Cranial mediastinal kitlelere yaklaşımda, cranial intratorakal trakea patolojilerinde, caudal vena cava, perikard ve kardiyak cerrahide bu tekniğe başvurulur (Hunt, 2018). Bu teknikte postoperatif ağrıyı azaltmak ve sternebra'nın kaymasının neden olabileceği gecikmiş iyileşmeyi önlemek için, cranial ya da caudal yönde 3 veya 4 sternebra'nın kaldırılması gerekir (Fossum, 2013).

2.8.1.5. Costa Pivot Torakotomi

Costa'ların costachondral eklem yerlerinden yapılan ensizyon ile serbestleştirilmesi ve geniş bir intratorakal eksplorasyon sağlanması için uygulanan tekniktir (Appelgrein, & Hosgood, 2018).

2.8.1.6. Transdiyaframatik Torakotomi

Bazı hastalıklarda laparotomi sırasında diyafram ensize edilerek toraks boşluğuna girilmesi gerekebilir. Ductus thoracicus'un ligasyonu, caudal özefagotomi ve intrahepatik porto kaval şant izolasyonu gibi durumlarda bu tip bir torakotomi endike olabilir (Hunt, 2018).

2.9. Akciğer Rezeksiyon Teknikleri

Akciğer dokusunda lobektomi, parsiyel lobektomi, sleeve (yankol) lobektomi, bilobektomi, pnömonektomi gibi rezeksiyon teknikleri kullanılır (Salcı, 2012). Belirtilen yöntemler koter, lazer, ligaşür, ultraeksizyon ve skalpel gibi ensizyon teknikleri kullanılarak yapılabilir (Venuta ve ark, 2010)

Lobektomi: Bir akciğer lobunun cerrahi olarak uzaklaştırılmasıdır. Lobektomi işlemi pulmoner arter, ven ve bronş arteri ve lobar bronşun stapler ya da dikiş materyali ile kapatılması sonrası akciğer lobunun çıkarılması işlemidir. Cerrahi esnasında akciğer lobunun pulmoner ve bronş damarları izole edilerek ligatüre edilir ve ardından ilgili bronşların transeksiyonu yapılarak bronş güdüğünün dikilerek kapatılması sağlanır (Orton, & Monet, 2018). Lobektomi, lob torsiyonu, lokal neoplastik parankimal kitleler, büllöz enfekte odaklar, kollabe ya da ruptüre olmuş akciğer loblarının uzaklaştırılmasında endikedir (Salcı, 2012).

Parsiyel Lobektomi: Akciğer lobunun üçte birini ya da yarısını içeren fokal bir lezyonun uzaklaştırılması veya biyopsi için yapılır (Salcı, 2012). Küçük hayvanlarda parsiyel lobektomi 4 veya 5. intercostal aralıktan lateral intercostal torakotomi ya da median sternotomi ile dikiş ya da stapler kullanılarak akciğer üzerinde yapılır (Orton, & Monet, 2018). Akciğer üzerinde rezeksiyonu yapılacak alan belirlenir ve lezyonun bulunduğu yere karşılıklı bir çift pens yerleştirilir. Pensin 4-6 mm proksimaline emilebilir dikiş materyali ile horizontal matress dikişi uygulanır. Akciğer dokusu, dikiş hattı ile pens arasından, dikişlerin distalinden 2-3

mm kalacak şekilde eksize edilir ve absorbe olan dikiş materyali ile eksizyon hattının proksimali basit sürekli dikiş tekniği ile dikilir. Akciğerler toraks içerisine yerleştirilir ve göğüs boşluğu ılık steril serum fizyolojik ile doldurularak hava kaçağı yönünden kontrol edilir. Parsiyel lobektomi stapler kullanılarak da yapılabilir. Stapler ekipmanı 30 mm, 55 mm ya da 90 mm uzunluğunda olabilir. Uzaklaştırılacak akciğer dokusunun eni belirlenerek uygun uzunlukta stapler seçilir ve uygulanır. Hava kaçağı ya da kanama olması durumunda absorbe edilen dikiş materyali ile akciğer kenarı boyunca basit sürekli dikiş uygulanır. Akciğer dokusu hava kaçağı yönünden kontrol edilerek toraks kapatılır (Fossum, 2013).

Sleeve (Yankol) Lobektomi: Bir veya iki lop bronşunun uzandığı ana bronşun bir kısmıyla birlikte çıkarılması ve kalan bronşların anastomozunun yapılması ile gerçekleştirilen cerrahi tekniktir (Salcı, 2012). Akciğer parankiminin korunmasına ve gaz değişiminin devam etmesine olanak sağlayan, en çok sağ ve sol üst loblarda şekillenen benign ya da malign karakterlerdeki tümörlerin uzaklaştırılmasında kullanılan, bronkoplastik rezeksiyon çeşitlerinden en çok tercih edilenidir. Genellikle ana ya da lobar bronşu içeren patolojilerde ve bronşial stenoz durumlarında uygulanır (Predina, Kunkala, & Aliperti, 2010). Bronşial sleeve rezeksiyon anastomozları en çok emilebilir dikiş materyali ile basit ayrı dikiş tekniği uygulanarak yapılır. Ancak sürekli dikiş tekniği yapılarak da yöntem uygulanabilir (Bayram ve ark., 2007).

Bilobektomi: Akciğer tümörlerinden etkilenmiş üst ve orta ya da alt ve orta lobun birlikte çıkarılması işlemidir (Salcı, 2012).

Pnöminektomi: Bir hemitorakstaki tüm akciğer loblarının uzaklaştırılmasını içeren akciğer rezeksiyon tekniğidir. Pnöminektomi sonrası oluşan solunum, kardiyak ve gastrointestinal problemlerden dolayı mortalite ve morbidite olasılığı yüksektir (Kocatürk, Salcı, Yılmaz, Bayram, & Koch, 2010). Akciğer tümörleri sadece bir hemitoraksa yayıldığı durumlarda, tedaviye cevap vermeyen inflamatuvar akciğer hastalıklarında ve travmatize olmuş akciğer loblarının uzaklaştırılmasında pnöminektomi endike olmaktadır (Salcı, 2012).

2.10. Toraks Cerrahisi Sonrası Bakım

Torakotomi sonrası plevral boşlukta biriken hava, kan ve diğer sıvıların uzaklaştırılarak negatif basıncın tekrar sağlanması için rutin olarak torakostomi tüpünün uygulanması gerekir. Postoperatif erken dönemde herhangi bir drenaj yoksa torakostomi tüpü çıkarılabilir (Hunt, 2018; Ryan ve ark., 2019). Torakotomi sürecinde çoğu hasta ağrıdan dolayı yüzeysel solunum yapmakta, biriken sekresyon ve şekillenen atelektaziden dolayı akciğer volüm ve kapasitesinde azalma görülmektedir (Leandro ve ark., 2014). Bu nedenle toraks cerrahisi sonrası erken dönemde vital parametrelerin monitorizasyonu ve ağrı yönetimi oldukça önemlidir (Cabo, Alarza, Rodriguezc, & Delgado, 2020). Ventilasyon yeterliliğini değerlendirmek için kan gazı analizleri de yapılmalıdır (Fossum, 2013; Ryan ve ark., 2019). Hipoksi görülen hastalara nazal yolla veya oksijen kafesi ile oksijen desteği sağlanmalıdır. Oksijen saturasyonu %90'ın üzerine çıktığında oksijen tedavisinin kesilmesi mobilizasyonu kolaylaştırır. Şiddetli veya ilerleyici karakterde hipoksemi olduğunda pulmoner ödem varlığından şüphelenilmelidir (Cabo ve ark., 2020). Pozitif basınçlı ventilasyon, büyük operasyonlardan sonraki 12 saate kadar verilebilir. İntra ve postoperatif hipotermi ve hipovolemi oluşmaması için önlemler alınmalıdır (Hunt, 2018).

İntercostal torakotomi sonrası kasların ensizyonu, costaların ayrılması ve nörovasküler demete ensizyon kapatılması sırasında yapılan bası nedeniyle ağrı oluşur. Postoperatif dönemde normal ventilasyonu sağlamak için iyi bir ağrı yönetimi uygulanmalıdır (Hunt, 2018). Postoperatif olarak toraks üzerine ventilasyonu engellemeyecek şekilde gevşek bir pansuman yapılarak operasyon hattı korunmalıdır (Fossum, 2013; Salcı, 2012).

2.11. Toraks Cerrahisinin Komplikasyonları

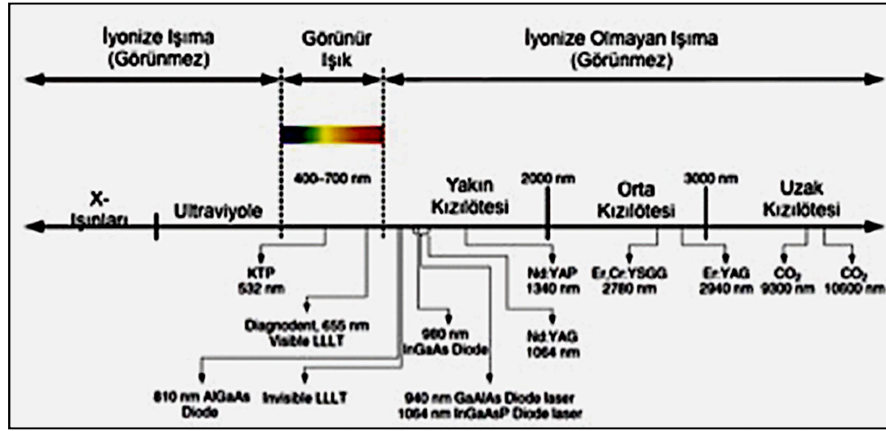
Torakotomi komplikasyonları etiyojolojiye göre kategorize edilir. Akut solunum yetmezliği göğüs cerrahisinin sık görülen komplikasyonudur. Akciğer rezeksiyonundan sonra akciğer hacminde azalmaya neden olacak ve solunum yetmezliğini tetikleyecek bir dizi patofizyolojik süreç oluşur. Bunlar; fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma, mukosilyer ve diyafram disfonksiyonu, atelektazi, azalmış akciğer kompliyansı ve ventilasyon-perfüzyon bozukluğu gibi

komplikeasyonlardır (Cabo ve ark., 2020). Toraks cerrahisi sonrası en sık karşılaşılan komplikeasyon pnömotorakstır. Pnömotoraks, akciğer dokusundaki yaralanma sonucu kapalı olarak ya da torakotomi ensizyonunun yeterli kapatılamaması sonucu açık olarak oluşur. Operasyon sonrası şekillenen diğerk komplikeasyonlar, bronkoplevral fistül, hemathorax, plevral boşluğun enfeksiyonu ve empiyemdir. Daha az sıklıkla karşılaşılan komplikeasyonlar ise ensizyon hattı boyunca travmatik ödem oluşumu ve subkutan kan serumu birikimidir. Bu durum, operasyon sırasında dokuların aşırı travması, hatalı tedavi, retraktörün aşırı basınç oluşturması nedeniyle oluşur (Salcı, 2012). Costal periosteum ve intercostal neurovasküler demet, retraktörün mekanik etkisi ya da elektrokoterin termal etkisi nedeniyle hasar görebilir (Leandro ve ark., 2014). Toraks tüpü sonrası pnömotoraks, ağrı, inflamasyon ve enfeksiyon şekillenebilir. İntraoperatif karşılaşılan hemotoraks, hipoventilasyon, pulmoner ödem, hipotermi, şok ve multi organ yetmezliği gibi komplikeasyonlar daha az rastlanan ancak yaşamı tehdit eden patolojilerdir (Guillaumin, & Adin, 2015).

2.12. Lazer Işığı ve Lazer Işığının Çalışma Prensibi

Lazer, “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinin bir araya gelmesiyle oluşan bir terim olup, uyarılmış radyasyonun yoğunlaştırılmasıyla güçlendirilmiş ışık demeti anlamına gelir (Koç, & Dinçer, 2012). Foton adı verilen kütsüz atom parçacıklarından oluşan ışık, elektrik ve manyetik alan bileşenlerini içeren elektromanyetik bir enerjidir. Dalga boylarına göre ayrılan lazerlerin ürettiğı ışık dalgaları, bu enerjinin bir parçasıdır ve elektromanyetik spektrumda görünür ışık ile kızılötesi bölgesini içine alan kısımda yer alır (Şekil 2). Işığın en önemli özelliklerini dalga boyu, frekans ve şiddet oluşturur (Franck ve ark., 2016; Kasnak, & Fıratlı, 2016). Sıradan bir ışık kaynağı tarafından üretilen beyaz ışık odaklanmamış yaygın bir ışımaya yapar, gözle görülebilir ve renk spektrumunu içerisinde birçok rengin toplamından oluşur. Lazerler ise yoğun ve dar bir eş-faza sahip, tek renkli ışık ışını üreten cihazlardır. Bu nedenle lazerlerden çıkan ışık, sıradan ışıktan tamamıyla farklı belirgin özelliklere sahiptir. Bu özellikler; belirli bir dalga boyunda monokromatiktir, her bir foton diğerk foton ile senkronizedir ve ortamda az miktarda dağılır. Işık ayarlanabilir ve fotonlar birbirine paralel hareket eder. Mesafeye göre ışın açısı az değışir ve ışınlar düşük çaplı olmasına rağmen

yüksek enerjiye sahiptirler (Franck ve ark., 2016; Haley, & Pratt, 2017; Kasnak, & Fıratlı, 2016; Thomas, & Isaacs, 2011).

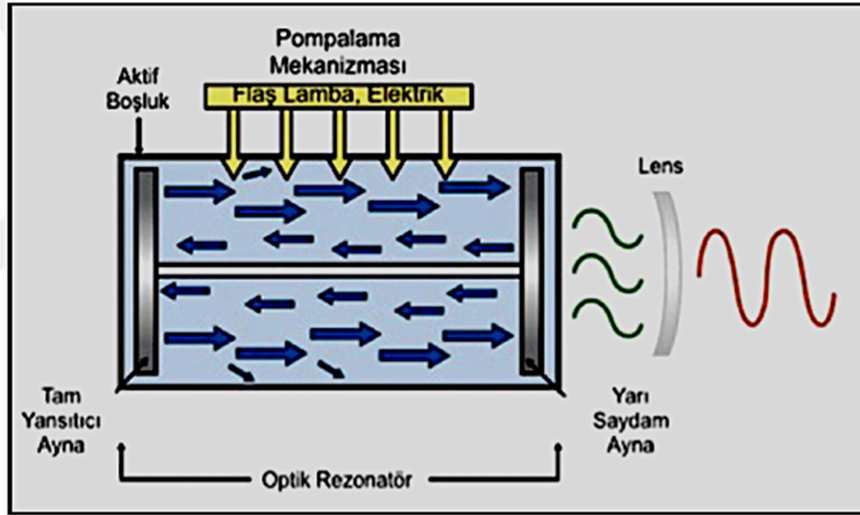


Şekil 2. Elektromanyetik spektrum (Kasnak, & Fıratlı, 2016).

Lazer ışığının elde edilebilmesi için dört temel bileşene ihtiyaç vardır. Bunlar; aktif ortam, uyarma (pompalama) mekanizması, tamamen yansıtıcı ayna, yarı saydam ayna ve fiber optik iletken'dir (Şekil 3) (Boyraz, & Yıldız, 2016; Haley, & Pratt, 2017). Aktif ortam dış etki ile elektronları daha yüksek enerji düzeyine uyarabilecek atomlardan oluşur. Bu ortamı uyarmak için gazlar (Argon, karbondioksit vb.), katı kristaller (Erbiyum, yakut, semikondaktör vb.) veya yarı iletkenler kullanılabilir. Aktif ortama enerji temin etmek amacıyla uyarma mekanizmasına kimyasal, elektriksel ya da optik bileşenler dahil edilir. Optik rezonatörler, aktif ortam içinde birbirine karşılıklı paralel olan yansıtıcı ve yarı saydam aynalardan oluşur. Tamamen yansıtıcı ayna, lazer ışığının tamamını yansıtırken, yarı saydam ayna lazer ışığının bir kısmının içerisinden geçmesine izin verir. Tüm bu bileşenler lazer cihazında aktif boşluk içerisinde yer alır. Aktif ortam sayesinde, aynaların yardımı ile aktif boşluk içerisindeki ışık, ileri geri yönde hareketlenerek elektronları hızlandırır. Her bir hareket ışığın enerjisini yükseltir ve aktif ortam doymun düzeye ulaştığında, ışık lazer ışını olarak yarı saydam aynadan geçebilir (Berger, & Eeg, 2006; Haley, & Pratt, 2017; Kasnak, & Fıratlı, 2016).

Lazer ışını üretimi, atom ya da molekül enerji düzeyleri arasındaki elektron geçişlerine dayalıdır. Başlangıçta, aktif ortamdaki atom ya da moleküller dinlenme halindedirler. Ortama eksternal enerji kaynağı uyarımı ile spontan emisyon başlatılır. Spontan emisyon, eksite ortamda bir foton serbest kaldığında oluşur. Enerji

etkilenişine göre eksite moleküllerin sayısı artar. Bu fonksiyonun devamı için atomların çoğunun eksite olması gerekir. Oluşan bir foton ve eksite bir molekül arasındaki çarpışma sonucu stimule emisyon başlar. Bu çarpışma, bir fotonun yayınımlı ile eş zamanlı olarak fotonu eksite durumdan dinlenme haline düşmeye zorlar. Aynalar arasındaki stimule emisyon olaylarının artışı ve beraberinde senkronizasyonu ile final ışında benzer dalga boyunda foton üniteden çıkarak lazer ışını elde edilir (Şekil 3) (Azadgoli, & Baker, 2016; Franck ve ark., 2016; Haley, & Pratt, 2017). Üretilen lazer ışını fiber optik iletkenler aracılığıyla hedef dokuya aktarılır. Fiberlerin esnekliği, lazeri rijit ve fleksible endoskoplar ile kullanımını mümkün kılar. Fiberlerin 400-1000 mikron arasında değişen çapları vardır ve düz, konik, daire şeklinde hava ya da su ile soğutulabilen değişen uçlara sahiptirler (Berger, & Eeg, 2006).



Şekil 3. Lazer cihazının genel bileşenleri. Aktif boşluk içerisinde gaz ya da katı kristal olan lazerlerin çalışma prensibi (Kasnak, & Fıratlı, 2016).

2.13. Lazer Doku Etkileşimi

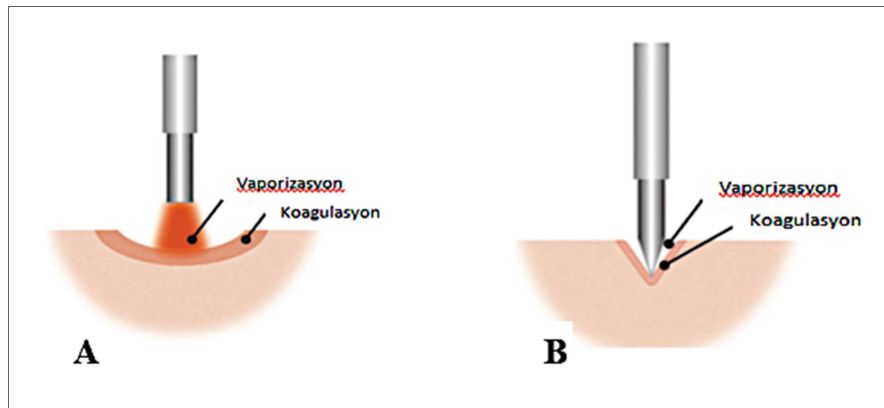
Lazerin doku üzerindeki etkisi, uygulanan ışığın hedef doku ile etkileşim mekanizmasına bağlıdır. Bu etkileşim dalga boyu, lazerin gücü, uygulama süresi ve tipi, odak uzaklığı ve uygulanacak dokunun özelliği arasındaki bağlantı ile ilgilidir (Kasnak, & Fıratlı, 2016). Güç yoğunluğu ve ışına maruz kalınan süre, lazerin dokuda oluşturacağı hasarı belirlemede yardımcı olur (Thomas, & Isaacs, 2011). Lazerin gücü [Watt (W)], lazerin belirli süre içinde (1 saniye) üretmiş olduğu enerji miktarını ifade eder [Joule (J)]. Lazerin etki edeceği alandaki (cm^2) enerji miktarı,

enerji yoğunluğunu verir (W/cm^2). Enerji yoğunluğu yüksek olduğunda dokuda kesi oluşturulabilir, düşük olduğunda da koagülasyon sağlanabilir (Kasnak, & Fıratlı, 2016; Koç, & Dinçer, 2012).

Birim alana düşen enerji miktarı, lazer ışık demetinin enine kesiti olan ışın çapı (spot büyüklüğü) ile bağlantılıdır. Enerji yoğunluğu ile spot büyüklüğü arasında ters orantı bulunur. Spot büyüklüğü yarılandığında enerji yoğunluğunun dört kat arttığı bildirilir (Koç, & Dinçer, 2012).

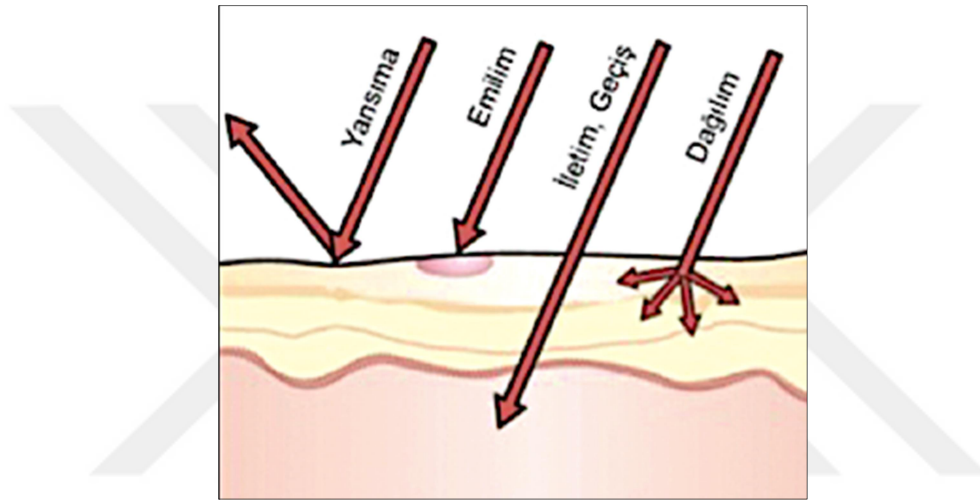
Lazer sistemleriyle elde edilen elektromanyetik dalgalar “devamlı atım” ya da “aralıklı atım” şeklinde hedef dokuya iletilir. Devamlı atımlar sabit ışık demetleri yayarak selektif olmayan doku yıkımını gerçekleştirir. Aralıklı atımlar ise spesifik doku yıkımı yapar. Devamlı atım için ortalama güç miktarı, saniyede uygulanan enerji miktarı ile, aralıklı atım için ortalama güç ise saniyedeki atım miktarı süresince uygulanan enerji ile hesaplanır. Bir saniye boyunca uygulanan atım sayısı Hertz (Hz) ile ifade edilir (Berger, & Eeg, 2006; Kasnak, & Fıratlı, 2016).

Doku üzerinde lazerler non-kontakt ve kontakt modda kullanılır. Non-kontakt modda lazer dokuya çok kısa mesafeden uygulanır. Kullanım sırasında daha derinlere doğru diffuz bir penetrasyon oluşur. Non-kontakt modda etkiyi optimize etmek için, daha yeni fiber ya da oyuk fiber veya ucu daire şekilli fiber kullanılır. Bu, dağılma miktarını ve istenmeyen periferik hasarı azaltır. Kontakt modda, özel fiber uçları kullanılarak kesme ve vaporizasyon işlemleri yapılır. Daha düzgün ve kontrollü penetrasyon oluşur (Şekil 4) (Berger, & Eeg, 2006).



Şekil 4. A. Non-kontakt mod, B. Kontakt mod (Berger, & Eeg, 2006).

Lazer ışınının monokromatik özellikte oluşu, dokuya renk veren ve farklı dalga boyları tarafından emilim sağlayan kromoforları etkiler. Dokuda bulunan kromoforların başlıcaları hemoglobın, melanin, su ve karotendir. Lazer tarafından üretilen ışık enerjisi dokunun optik özelliğine bağılı olarak, dokudan geçebilir ya da iletilebilir, dokudan yansıyabilir, doku tarafından emilebilir ya da doku içerisinde dağılılabılır özelliktedir (Şekil 5). Işığın dalga boyu, enerji miktarı ve atım süresi değıştirilerek melanin, su, hemoglobın gibi hedef moleküller üzerinde selektif etki sağılar (Kasnak, & Fıratlı, 2016; Koç, & Dinçer, 2012).



Şekil 5. Lazer ışığının doku ile etkileşimi (Kasnak, & Fıratlı, 2016).

Lazerin penetrasyon derinliğı ve etkisi dokunun optik, kimyasal ve termal özelliklerine göre belirlenir. Lazerin doku ile etkileşimde olduğı ısı enerjisi, kimyasal ve mekanik enerjiye dönüşür. Lazer ışını enerjisinin absorbe edildiğı dokuda ısı enerjisine dönüşmesi fototermal etki olarak ifade edilir. Dokularda emilen foton enerjisi, doku içinde ablasyon, karbonizasyon, pıhtılaşma ve hipertermi gibi fototermal değışikliklere neden olan ısıya dönüşür. Isının daha soğuk bölgelere yayılması, dokunun ısı iletkenliğine ve yayılımına bağılıdır (Thomas, & Isaacs, 2011). Kızılötesi lazer ile yumuşak dokuların kesilmesi ve ablasyonu işleminde fototermal etki dokunun içerdiği su molekülü miktarına bağılı olarak değışir. Kızılötesi ışık enerjisinin su tarafından absorpsiyonu termal hasarın boyutunu belirler. Su tarafından zayıf absorpsiyon, daha büyük penetrasyon derinliğine sebep olur. Aksine yüksek absorpsiyon hedef dokunun daha iyi ablasyonunu sağılar (Geldi

ve ark., 2006). Lazer ışını, fototermal etki ile doku üzerinde eksizyon-ensizyon, ablasyon ve koagülasyon olmak üzere üç temel etki meydana getirir (Kasnak, & Fıratlı, 2016). Fototermal etki ile vaporizasyon sonucu krater benzeri bir alan oluşur. Bu katı karbonizasyon, koagulasyondan dolayı oluşan termal nekroz alanını çevreler ve hemen sonra dış katta reversible ödem oluşur (Berger, & Eeg, 2006).

Lazer ışınının hedef dokuda kimyasal enerjiye dönüşmesiyle fotokimyasal etki oluşur. Etkileşimde doku içerisindeki moleküllerin bağları koparılır, moleküller biyokimyasal olarak reaktif hale gelir ve fotokimyasal etki şekillenir (Berger, & Eeg, 2006). Doku içerisinde uygulanan lazerin etkinliği belirli bir mesafeden sonra azalır. Etkinliğin kaybolduğu mesafe “sönme derinliği” olarak ifade edilir. Bu mesafenin artması lazerin derin dokular üzerine olan etkinliği ile doğru orantılıdır. Dokuların değişen miktarlarda su, kan bileşenleri ve pigmentler gibi farklı moleküller içermesi farklı dalga boylarındaki lazerlerin dokular tarafından emilimini de değiştirir (Kasnak, & Fıratlı, 2016).

2.14. Akciğer Dokusunda Lazer Kullanımı

Lazerin toraks cerrahisinde kullanıldığı alanlarından biri de akciğer dokusudur. Akciğerin parankimi %80 oranında su içerir. Akciğer, düşük ısı kapasitesi ve değişen hava içeriğinden dolayı fototermal lazer uygulamaları için ideal bir dokudur (Pereszlenyi, 2013; Venuta ve ark., 2010). Lazerin akciğerde oluşturduğu temel mekanizma; rezeksiyon sırasında fototermal etki ile oluşan vaporizasyon sonucu hedef alandaki alveollerin büzülerek dokunun kollabe olması, koagulasyon sonrası oluşan mekanik bariyer ile hemostaz ve hava sızdırmazlığı sağlanmasıdır. Lazerin güçlü koagulatif ve kesme özelliğinin olması nedeniyle akciğer dokusunda kullanımı güvenlidir (Janeczek ve ark., 2021; Marulli ve ark., 2013). Rezeksiyon, koagulasyon ve hemostazis, doku vaporizasyonu ve akciğer dokusunun pnömostazisi için gereken ideal lazer dalga boyu, akciğer dokusunun farklı özelliklerine göre seçilir (Ng ve ark., 2017).

Pulmoner neoplazilerin rezeksiyonunda lazerler önemli rol alır. Herhangi bir fototermal uygulama ile akciğer dokusunda rezeksiyon yapıldığında, bronkovasküler ve pulmoner yapılarda kanama, hava kaçağı ve fistül oluşumu riski artabilir. Lazerin postoperatif komplikasyon riski az olduğu için daha fazla tercih edilir (Pereszlenyi,

2013). Pulmoner parankimal metastaz rezeksiyonunda lazer kullanımı, daha az parankimal doku kaybı sağlar. Böylece rezeksiyon sonrası, kalan pulmoner dokunun fonksiyonu korunur (Rolle, & Kozlowski, 2005). Pulmoner cerrahide, fotorezeksiyon ve fotodinamik terapi gibi t rap tik lazer uygulamaları da bulunur (Gesierich, 2010).

2.15. Akciğer Dokusunda Kullanılan Lazer Çeşitleri

2.15.1. Nd: YAG Lazer

Nd: YAG (Neodymium: Yttrium Aluminum Garnet) lazerler yakın kızıl ötesi spektrumunda yer almaktadırlar. Yttrium, alüminum ve neodymium iyonlarınca sertleştirilmiş garnet kristalleri, bu lazerin aktif ortamını oluşturur (Berger, & Eeg, 2006). Dalga boyları 1.064 ve 1.318 nm olarak değişir (Rolle, & Kozlowski, 2005). Nd: YAG lazerler koterizasyon ve vasküler dokuların koagülasyonu için idealdir (Berger, & Eeg, 2006). Diyod lazer (980 nm) ile kıyaslandığında 1.064 nm dalga boyundaki Nd: YAG lazerlerin su absorpsiyon katsayıları daha düşüktür ($0,144 \text{ cm}^{-1}$) (Ahrar ve ark., 2010). Nd: YAG lazer ışını su, hemoglobin ve daha koyu pigmentler ile absorbe olarak doku içinde dağılabilmesi, akciğer dokusunda 4 mm'ye kadar penetre olarak daha fazla koagülasyon oluşmasını sağlar. Akciğer tümörlerinin rezeksiyonunda iyi derecede koagülasyon, vaporizasyon ve kesi sağlanması nedeniyle çoğunlukla Nd: YAG lazer tercih edilir (Rolle, & Kozlowski, 2005).

2.15.2. Talyum (Thulium) Lazer

Talyum lazer, prostat ve beyin cerrahisinde olduğu gibi pulmoner cerrahide de olumlu sonuçlar sergilediği belirtilir (Janeczek ve ark., 2021). Dalga boyları 1.940, 2000 ve 2010 nm arasında değişir (Janeczek ve ark., 2021; Scanagatta ve ark., 2014). Lazerin kullanımı sırasında açığa çıkan enerji, dokudaki su moleküllerini buharlaştırarak etkili ensizyon ve koagülasyon sağlar. Dalga boyu 2.000 nm olan talyum lazer, dokudaki su molekülleri tarafından güçlü bir şekilde emilir. Bu durum buharlaşma hızını sabit tutarak lazer ışınının sadece 0,3 mm'ye kadar penetre olmasını sağlar. Böylelikle termal hasarın derinliği daha az olur. Lazer ile yapılan rezeksiyon sonrasında akciğer yüzeyinde şekillenen termal katılaşmış veya kabuk tabakanın derinliği sadece 0,2 mm olmaktadır. Lazerin bu özelliği nedeniyle cerrahi

esnasında derin dokuya zarar vermeden hemostaz ve minimal hava kaçağı oluşur (Zhang ve ark., 2020).

2.15.3. Diyod Lazer

Diyod lazerler portable, kolay kullanılabilir, kompakt, istikrarlı güç çıkışı, uzun kullanım ömrü ve düşük bakım maliyetlerine sahip olmasından dolayı yaygın olarak kullanılır (Arroyo, Neri, Fussuma, & Imamura, 2016; Schena, Saccomandi, & Fong, 2017). Veteriner hekimlikte kullanılan cerrahi diyod lazerler 810-980 nm dalga boyundadır. Güçleri 10-60 W'a kadar çıkmaktadır. Diyod lazerler, fotonlar halinde enerjisini yayarak yarı iletken madde aracılığıyla lazer enerjisini üretirler. Aktif ortam olarak yarı iletkenler kullanılır. Veteriner cerrahide kullanılan yarı iletkenler, çoğunlukla alüminyum, galyum, arsenid ya da GaAIAs'dır. Diyod lazer enerjisi sert kuartz çekirdek özelliğine sahip fiber optik kablo aracılığıyla cerrahi alana non-kontakt ya da kontakt modda yayılır (Berger, & Eeg, 2006).

Dalga boyları hemoglobin, oksihemoglobin, melanin ve hücre içi su tarafından farklı derecede absorbe edilir (Arroyo ve ark., 2016; Berger, & Eeg, 2006). Hedef dokunun içerdiği kromofor miktarının yoğunluğuna göre ışın absorpsiyonu fazla olmakta ve penetrasyon derinliği de az olmaktadır. Diyod lazerin su absorpsiyon katsayısı $0,482 \text{ cm}^{-1}$ 'dir. Dokudaki optik termal üretim hızı, absorpsiyon katsayısı ile orantılı olduğundan dolayı 980 nm diyod lazer, dokuda hızlı ve bölgesel ısınma üreterek nispeten keskin sınırlara sahip ablasyon bölgeleri oluşturabilir. Bu özellik, diyod lazerin tümör rezeksiyonlarında etkili kullanılabilmesinin göstergesidir (Ahrar ve ark., 2010). Solgun ve avasküler dokularda, penetrasyon derinliği ve çevre hasarı fazla olmaktadır (Dinç, & Or, 2014). Diyod lazerler, 0,3-0,6 mm derinlikte doku penetrasyonu yaparak 2 mm çapa kadar olan damarlarda iyi bir hemostaz sağlar (Berger, & Eeg, 2006).

Diyod lazer solunum yollarında özellikle laringeal, trakeal, bronşiyal ve pulmoner cerrahide kullanım alanı bulmaktadır (Arroyo ve ark., 2016). Pulmoner subplevral nodüllerin uzaklaştırılmasında 1.470 nm dalga boyundaki diyod lazerin etkili olduğu belirtilir (Lesser, 2012). Uniportal torakoskopik cerrahide, 1.350 nm diyod lazerin akciğer parankimindeki lezyonların rezeksiyonunda iyi derecede hemostaz ve pnömostaz sağladığı belirtilir (Ng ve ark., 2017).

2.16. Akciğer Rezeksiyonu Sonrası Laboratuvar Muayenesi

2.16.1. Kan Gazı Analizi

Kan gazı analizleri ile pulmoner fonksiyon, kanın oksijen seviyesi, ventilasyon ve asit-baz durumu hakkında değerlendirmeler yapılır (Eatwell ve ark., 2013; Rieser, 2013). Genel anestezi ve akciğer rezeksiyonu gibi cerrahi işlemler sonrasında kan gazı değerlerinde hızlı değişiklikler olabilir (Ardiaca ve ark., 2013; Cukic, & Lovre, 2012). Analizlerde PaO₂, PaCO₂, SpO₂, pH ve HCO₃⁻ parametreleri kanın asit baz durumu ve solunum sistemi bozuklukları hakkında bilgi verdiği gibi hastaların pre- ve postoperatif dönemde klinik değerlendirmesi açısından önemli yer tutar (Cukic, & Lovre, 2012; Rieser, 2013; Saleem ve ark., 2019). Özellikle postoperatif dönemde ventilasyon ve oksijenizasyon değerlerinin normal sınırlarda tutulması karşılaşılabilecek morbidite ve mortalite açısından önemlidir (Cukic, & Lovre, 2012; Fossum, 2013).

2.16.2. Biyobelirteçler

Akciğer rezeksiyonunda biyobelirteçlere odaklanmak, akciğer hasarı ve onarımının patofizyolojisi ile ilgili önemli bilgiler sağlar. Akciğer hasarı durumlarında ele alınan biyobelirteçler, hücresel aktivasyonu, hücre hasarını ve inflamatuvar, pıhtılaşma ve fibrinolitik sistemlerin devam eden süreçlerini yansıtabilir. Akut akciğer hasarında iki farklı faz vardır. İlk diffüz alveoler ve mikrovasküler hasar şekillenir ve ardından pulmoner ödem, tip I pnömosit nekrozu, inflamatuvar hücre akışı ve mediatörlerin salınımı ile ilişkili erken dönem eksüdatif faz oluşur. Bu fazı, fibroblastların proliferasyonu ve tip II pnömosit hiperplazisi ve akciğer onarımını yansıtan bir fibro-proliferatif faz takip eder (Cross, & Matthay, 2011). Akut akciğer hasarında inflamatuvar mediatörlerden ilk artan sitokinlerin IL-1 β , IL-6 ve IL-8 olduğu bilinir. Büyüme faktörleri, hasarlı akciğer dokusunun onarımı ve tedavisinde önemli rol oynarlar. Hasarlı alveoler epitelinin onarımı, tip I veya tip II pnömositlerin hiperplazisi ve bazal membran boyunca alveoler makrofajların göçü gibi karmaşık etkileşimlerin süreçleri halen daha anlaşılmamıştır. Keratinosit büyüme faktörü (KGF), hepatosit büyüme faktörü ve fibroblast büyüme faktörü (FGF) gibi büyüme faktörleri alveoler epitelin onarımını destekler. Akciğer

endotelial onarımı ise, vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) tarafından desteklenir (Barnett, & Ware, 2011; Cross, & Matthay, 2011).

IL-1 β : Akut akciğer hasarının erken döneminde plazmada yükselen en aktif sitokinlerden olup klinik sürecin belirleyicisi olarak görev yapar. IL-1 β , akciğer fibrozunun güçlü bir indükleyicisidir ve çeşitli salınımlara neden olur. Pro-inflamatuar kemokinlerden monosit kemotaksik protein-1'in, makrofaj inflamatuvar protein-1 α , IL-6 ve IL-8 ile ve daha sonra inflamatuvar hücrelerin hava boşluklarına alınması ve endotelial-epitelial bariyer geçirgenliğini değiştirme gibi etkileri bulunur (Cross, & Matthay, 2011).

IL-8: Nötrofil ve monosit kemotaksisinde önemli bir role sahiptir. Endoteliumu aktive ederek adezyon moleküllerinin regülasyonunu sağlamada görev alır. Akciğer hasarında en çok alveoler makrofajlar tarafından üretilse de fibroblastlar, hepatositler, pulmoner endotelial hücreler gibi çeşitli hücreler tarafından da sentezlendiği bildirilir (Kunkel, Standiford, & Strieter, 1991).

VEGF: Akciğer hasarı sonrası onarımda adjuvan rolü olan anjiyopoeitinlerle fonksiyonel olarak ilişkili vasküler geçirgenliğin ve anjiyogenezisin aracısıdır. VEGF, esas olarak akciğer epitel hücreleri tarafından üretilir. VEGF, akut akciğer hasarında mikrovasküler geçirgenliği artırır ancak onarım aşamasında endotelial hücre proliferasyonunu sağlar (Barnett, & Ware, 2011).

2.16.3. Histopatolojik İnceleme

Akciğer, gaz alışverişi için solunan hava ile kılcıl damarlar arasında geniş bir yüzey alanı sağlamak üzere tasarlanmıştır. Hava yollarının dallanması ve hava boşluklarını alveollere bölünmesi yoluyla bu geniş yüzey elde edilir (Mokhtar, Hussein, Hussein, Abd-Elhafez, & Kamel, 2019). Alveol duvarlarının mikroskopik yapısı içten dışa doğru kapiller endotel ve bazal membran, intersitium, epitel katı ve alveoler boşluk şeklinde sıralanabilir. İntersitiumu, kapiller damarlar, ince elastik lifler, küçük kollajen demetler, az miktarda fibroblast benzeri hücreler, düz kas hücreleri, mast hücreleri ve nadiren mononükleer hücreler oluşturur. Lazerin termal etkisiyle mikroskopik incelemelerinde, değişen derecelerde alveoler ateletazi, koagule kan damarları, alveoler hemoraji, karbonizasyon gibi bazı yapısal değişiklikler oluşur (Kirschbaum ve ark., 2021; Scanagatta ve ark., 2012).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için Bursa Uludağ Üniversitesi, Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan onam alınmıştır (Karar no: 2018-13/02) (Ek 1).

Çalışma materyalini cinsiyet ayrımı gözetilmeksizin toplam 21 adet (n=21), erişkin, yaklaşık 1-3 kg vücut ağırlığında, sağlıklı Yeni Zelanda ırkı tavşanlar oluşturdu. Tavşanlara sol torakotomi sonrası 980 nm dalga boyunda, non-kontakt modda diyod lazer ile cranial akciğer lobunda kama (wedge) rezeksiyonu yapıldı. Kullanılan lazerin güç yoğunlukları değiştirilerek Grup I'de (GRI) (n=7) kama rezeksiyon işlemi 15 watt/cm² (W) güç yoğunluğunda, Grup II'de (GRII) (n=7) kama rezeksiyonu 10 W güç yoğunluğunda ve grup III'te de (GRIII) (n=7) kama rezeksiyonu 5 W güç yoğunluğunda yapıldı. Çalışma öncesinde ve süresince tavşanlara ad libitum besleme yapıldı ve tavşanlar ayrı bölmelerde barındırıldı.

Preoperatif olarak her bir gruptaki tavşanların klinik ve radyolojik muayeneleri ile laboratuvar analizleri yapıldı. Muayene ve analizler sonucu sistemik hastalığı tespit edilen tavşanlar çalışmaya dahil edilmedi. Postoperatif dönemde, enfeksiyöz ya da non-enfeksiyöz nedene bağlı solunum veya sindirim problemi şekillenmiş tavşanlar çalışmadan çıkarıldı ve bu tavşanların yerine sağlıklı olan yeni tavşanlar çalışmaya dahil edildi. Bu şekilde gruplardaki homojenite sağlandı.

3.1. Klinik Muayene

Tüm tavşanların preoperatif dönem ve postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerde vital parametreleri (pulzasyon, respirasyon, vücut sıcaklığı, kapillar dolun süresi, mukozal membran rengi) kontrol edildi.

3.2. Hematolojik Analizler

Tavşanların vena jugularis'lerinden antikoagülan içermeyen 10 ml'lik steril serum tüplere ve EDTA içeren 2 ml'lik vakumlu tüplere kan numuneleri alındı. Hematolojik analizler preoperatif ve postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde gerçekleştirildi.

Hematolojik parametrelerin ölçümü kan sayım cihazında (BC-5000Vet[®], Mindray, Türkiye) yapıldı. Hematolojik analizlerde total lökosit (WBC), lenfosit (Lym), monosit (Mon), nötrofil (Neu), eozinofil (Eos), bazofil (Bas), eritrosit (RBC), hematokrit (Hct), hemoglobin (Hgb) ve trombosit (PLT) değerleri ele alındı. Hematolojik analizler sonrası kalan kan örnekleri 4.000 devirde 10 dk. boyunca santrifüj edildi. Santrifüj sonrası elde edilen plazmalar 1,5 ml'lik ependorflara alınarak -20°C'de biyobelirteç analizleri için saklandı.

3.3. Biyobelirteç Analizleri

Tüm gruplardaki tavşanların preoperatif ve postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde alınan plazma numunelerinden IL-1 β , IL-8 ve VEGF parametrelerinin analizi yapıldı.

IL-1 β , IL-8 ve VEGF değerlerinin, in-vitro kantitatif ölçümleri için ticari bir firmanın (Cloud Clone Corp[®], ABD) test kitleri kullanılarak [IL-1 β (Katolog no: SEA563Rb), IL-8 (Katolog no: SEA080Rb) ve VEGF (Katolog no: SEA143Rb)] Elisa testi ile analizleri yapıldı. Kitlerin ölçüm aralıkları IL-1 β için 7,8-500 pg/ml, IL-8 için 15,6-1.000 pg/ml ve VEGF için ise 15,6-1.000 pg/ml idi.

3.4. Kan Gazı Analizleri

Tavşanların her birinin sağ ya da sol arteria auricularis centralis'ine lokal anestezikli pomad (Anestol[®], Sandoz, Kocaeli, Türkiye) uygulandıktan sonra 2,5 ml'lik sıvı lityum heparin içeren spesifik kan gazı enjektörüne 26 gauge steril kanül yardımıyla 0,5 ml arteriyel kan alındı. Tavşanlarda bu işlem preoperatif ve postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde tekrarlandı. Alınan arteriyel kan numuneleri spesifik kan gazı kiti (Radiometer[®], Türkiye) ve cihazı (Radiometer[®], ABL-9, Danimarka) kullanılarak analiz edildi. Arteriyel kanda parametre olarak; asit-baz dengesi (pH), parsiyel karbondioksit basıncı (PaCO₂), parsiyel oksijen basıncı (PaO₂), bikarbonat (HCO₃⁻), sodyum (Na⁺), potasyum (K⁺), klor (Cl⁻), kalsiyum (Ca⁺²) ve oksijen saturasyonu (SpO₂) seviyeleri ele alındı.

3.5. Radyolojik Muayene

Sabit ve tek tüplü röntgen cihazı (838 R[®], Hasvet, Türkiye) ve bilgisayarlı radyografi (CR) (Fuji[®], Prima T2 CR System, Japonya) kullanılarak tavşanların

lateral ve VD pozisyonlarda radyografileri alındı. Radyolojik muayeneler preoperatif ve postoperatif 0. (ameliyattan hemen sonra ve toraks tüpü uzaklaştırıldıktan sonra), 1, 7 ve 15. günlerde tekrarlandı. Radyolojik muayenede, toraks organlarının görünüşleri, pnömotoraks, pnömomediastinum ve plevral efüzyon varlığı gibi patolojiler ile akciğer dokusunda lazerin yaptığı etki nedeniyle oluşabilecek pulmoner değişiklikler (atelektazi, ödem, akciğer desenleri vb.) değerlendirildi. Akciğer desenleri yorumlanırken desenler; alveoler, bronşial ve miks olarak ele alındı. Tüm parametreler 0: yok, 1: hafif, 2: orta ve 3: şiddetli olarak derecelendirildi.

3.6. Preoperatif Dönem

Preoperatif olarak tüm gruplardaki tavşanların operasyon seçim yeri olan sol lateral toraks duvarları tıraş edildi. Tavşanlar sol toraks duvarı üstte kalacak şekilde operasyon masasına yatırıldı ve sol lateral torakotomi için sınırlandırılan bölgenin dezenfeksiyonu ve antisepsisi sağlanarak cerrahi alan steril örtülerle sınırlandırıldı.

3.7. Anestezi

Premedikasyon olarak 5 mg/kg dozda xylazin HCl (Alfazine[®], Egevet, Türkiye) im. olarak uygulandı ve 10 dk. sonra vena saphena parva'nın ramus dorsalis'inden 24 gauge anjioket ile damar yolu açıldı. İndüksiyon amacıyla 35 mg/kg dozda ketamin HCl (Alfamine[®], Egevet, Türkiye) im. olarak yapıldı. Her bir tavşan 2,5 no kafalı endotrakeal tüp (Bıçakçılar[®], Türkiye) ile entübe edildi ve anestezi cihazına (Mindray, WATO EX-20 Vet, Hasvet, Türkiye) bağlandı. Genel anestezik ve idame olarak volatil likit anestezik olan izofloran (Isoflurane-USP[®], Adeka, Samsun) %2 derişimde oksijen eşliğinde uygulandı. Solunumun devamlılığı yarı kapalı (parsiyel rebreathing) sistem ile sağlandı. Anesteziye mekanik ventilasyon eşliğinde (8 ml/kg'da tidal volüm, inspirasyon/ekspirasyon oranı 1/2, ventilasyon basıncı 6 cm H₂O ve solunum sayısı 15-20/dk.) devam edildi. Anestezi esnasında, kapnograf ile end-tidal CO₂ değeri, pulse oksimetre ile oksijen saturasyonu (SpO₂), kalp ve solunum frekansları bir monitör (Mindray[®], Hasvet, Türkiye) yardımıyla takip edildi. Tüm tavşanlara tek doz analjezik olarak 0,3-0,5 mg/kg dozda sc. meloxicam (Meloxicam[®], Bavet, İstanbul) ve antibiyotik olarak 10 mg/kg dozda enrofloksasin (Baytril-K[®], Bayer, ABD) sc. yolla yapıldı. Ameliyat esnasında

laktaklı ringer solüsyonu (Polifleks[®], Polifarma, Türkiye) 10 ml/kg/sa olacak şekilde infüze edildi.

3.8. Cerrahi Teknik

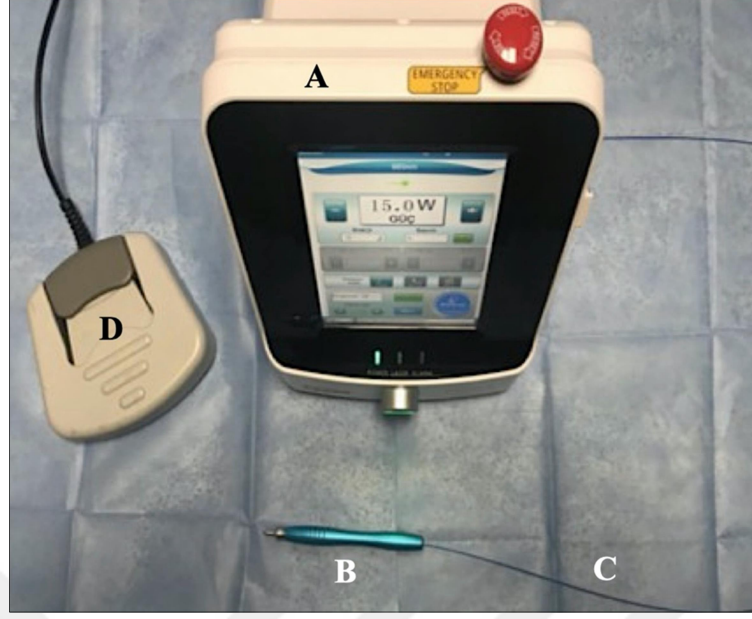
3.8.1. Torakotomi Tekniği

Her bir tavşanda sol lateral torakotomi, 5-6. intercostal aralıktan yapıldı. Ensizyon hattı longitudinal olarak dorsoventral yönde yaklaşık 7 cm uzunlukta gerçekleştirildi. Sırasıyla deri, deri altı bağ dokusu, musculus cutaneus turunci ve musculus latissimus dorsi kasları ensize edildi. Ensizyonda oluşan kanamalar elektrokoter (Carewell[®], CSU 300, Çin) yardımıyla koterize edildi. Musculus scalenus, musculus serratus dorsalis ve ventralis kasları disseke edildi ve seçilen intercostal alandaki musculus intercostalis externus ve internus kasları ensize edildikten sonra intratorakal eksplorasyon ve ekspozisyon için 5. intercostal alana bir mini Finochietto retraktörü yerleştirildi.

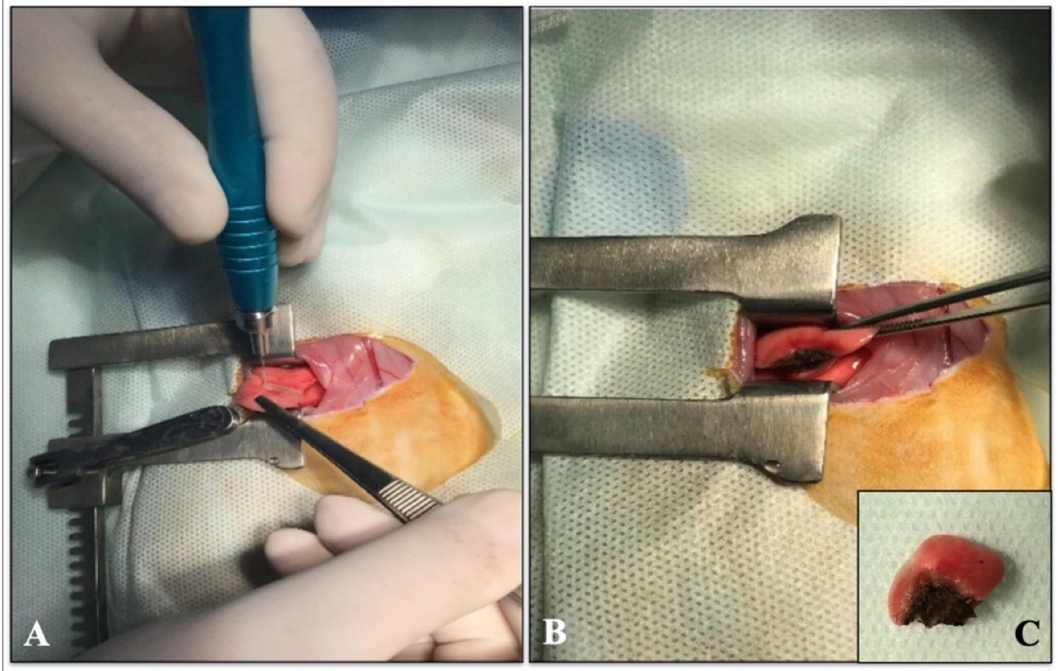
3.8.2. Akciğer Rezeksiyon Tekniği

Akciğer rezeksiyonunda portable nitelikte olan GaAlAs diyod lazer cihazı (Class IV, Gigaa[®] Lazer, Çin) kullanıldı. Lazer, farklı dalga boylarına sahip (532nm, 810nm, 980nm), gücü 1-15 W arasında olan, farklı cerrahi modlarda çalışabilen (sürekli atım - CW, puls modu - Pulsed, tek atım operasyon modu), atım süreleri 10µs-3sn arasında olan, ışın tekrarlama oranı 0,2-20.000Hz arasında değişen ve lazer transmisyon sistemi farklı optik fiber çaplarda olan bir cihazdan (200, 400 ve 600 µm) sağlandı (Şekil 6).

Lazer cihazı 980 nm dalga boyu ve sürekli atım modunda ayarlandı ve 400 µm çapında steril optik fiber steril cerrahi lazer probuna (handpiece) adapte edilerek fiberin ucu çıplak olacak şekilde non-kontakt mod hareketinde planlandı. Ayak pedali hazır olarak güvenli moda tutuldu. Lazerin gücü GRI'de 15 W, GRII'de 10 W ve GRIII'te 5 W olarak hazırlandı. Akciğer parankiminde lazer ile rezeksiyona başlamadan önce ventilasyon desteği kesildi. Sol cranial akciğer lobunun caudal apikal kısmı dişsiz bir penset yardımıyla hafifçe tutuldu. Handpiece akciğer dokusuna 1 cm uzaklıktan tutuldu ve 2 cm'lik kama rezeksiyonu uygulandı (Şekil 7).



Şekil 6. Lazer cihazı ve ekipmanları. **A.** Lazer cihazı, **B.** Lazer probu (Handpiece), **C.** Fiber optik kablo, **D.** Ayak pedalı (Footswitch).



Şekil 7. Akciğer dokusunda lazer uygulaması. **A.** Sol cranial akciğer lobunun apikal kısmına lazer ile yapılan kama rezeksiyonu, **B.** Lazerin akciğer parankimine yaptığı etki, **C.** Akciğer parankiminden rezeke edilerek çıkarılan parça.

Koagulasyon ve kama rezeksiyon işlemi lazerin etkisiyle eş zamanlı olarak gerçekleşti. İşlem sonrası steril %0,9'luk izotonik NaCl akciğerin rezeksiyon hattına döküldü ve bu esnada akciğerler 20 cmH₂O basınçta şişirilerek hava kaçağı kontrolü ve skorlaması yapıldı. Macchiarini hava kaçağı skoru skalasına göre; 0 (hava kaçağı

yok), 1 (birkaç tane sayılabilir kabarcık), 2 (kabarcık akışı var) ve 3 (daha büyük sızıntı) olarak hava kaçağı skorlandı (Zhang ve ark., 2020). Hava kaçağı kontrolü olmadığına kesinlik getirdikten sonra rezeksiyon hattına dökülen sıvı aspire edildi. İntraoperatif olarak; rezeksiyon işleminin (ameliyat) süresi (sn), lazer ışını uygulama süresi (sn), uygulanan enerji (joule), rezeksiyon boyutu ve kanama miktarı kaydedildi. Eksize edilen akciğer dokusu %10'luk formolin solüsyonuna alındı.

Plevral boşluğun drenajı için açık uygulama ile ensizyon hattının caudalindeki intercostal alandan 8 French kalınlığında göğüs tüpü cranioventral olarak toraks boşluğuna yerleştirildi. Torakotomi yapılmış intercostal alandaki costa'ların etrafından 3/0 emilebilir polyglactin 910 (Vicryl, Ethicon[®], USA) dikiş materyali geçirilerek düğümlendi ve intercostal alan açıklığı kapatıldı. İntercostal kaslar basit sürekli dikiş ile kapatıldı. Musculus serratus dorsalis ve ventralis kasları "X" dikişleriyle, musculus scalenus, musculus latissimus dorsi ve musculus cutaneous trunci kasları ise basit sürekli dikiş tekniği ile 4/0 emilebilir polyglactin 910 (Vicryl, Ethicon[®], USA) dikiş materyali ile dikildi. Deri altındaki dokular 3/0 emilebilir polyglactin 910 (Vicryl, Ethicon[®], USA) dikiş materyali ile sürekli basit dikişle kapatıldı. Deri 3/0 ipek ile basit ayrı olarak dikildi. Torakostomi tüpü "Roman sandal" dikiş modeli ile deriye sabitlendi. Tavşanların spontan solunumu gelmeden önce akciğerler 10 cmH₂O basınçta manuel olarak akciğerler şişirildi ve toraks içerisindeki hava çıkarıldıktan sonra torakostomi tüpü bir eğri hemostatik pens ile klempe edildi. Tüm gruptaki tavşanların ameliyat süreleri kaydedildi. Göğüs tüpünün dışarıda kalan kısmına hemovac dren bağlandı ve drenaj bitene kadar sürekli toraks drenajı yapıldı.

3.9. Postoperatif Dönem

Ameliyattan hemen sonra, gruptaki tüm tavşanların lateral ve ventrodorsal (VD) pozisyonlarda toraks radyografileri alındı. Radyografilerde pnömotoraks, pnömomediastinum, plevral efüzyon, pulmoner kontüzyon, pulmoner ödem ve akciğer desenlerinin varlığı incelendi. Alınan toraks radyografilerinde patoloji saptanmadığında, tavşanların toraks tüpleri kuralına uygun olarak uzaklaştırıldı ve takiben toraks radyografileri tekrarlandı. Her bir tavşanın torakotomi ensizyonunu koruyacak hafif bir göğüs pansumanı uygulandı.

Postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde tüm tavşanların genel muayene parametreleri, laboratuvar analizleri ve radyolojik muayeneleri tekrarlandı ve elde edilen bulgular kaydedildi. Postoperatif dönemde her bir tavşana 7 gün süreyle 10 mg/kg dozda enrofloksasin (Baytril®-K, Bayer, ABD) sc. yolla uygulandı. Postoperatif 15. günde tüm tavşanların dekapitasyonla sakrifikasyonları yapıldı.

3.10. Histopatolojik İnceleme

Tavşanların sakrifikasyonları sonrası yapılan nekropsilerde; akciğer dokusunda lazer ile rezeksiyon yapılmış alandaki makroskopik değişiklikler not edildi. Makroskopik olarak, lazer eksizyonunun olduğu alandaki doku renk değişikliği (karbonize alan), adezyon-fibrozis ve atelektazi varlığı derecelendirilerek (hafif, orta, şiddetli) kaydedildi. Rezeksiyon yapılmış akciğerin kalan kısmı %10'luk formalin solüsyonunda tespit edildi.

İntraoperatif ve postoperatif 15. günde alınan %10'luk formalin solüsyonundaki akciğer doku numuneleri kasetlendi. Kasetlenen doku numuneleri takip işlemleri sonrası 65°C erimiş parafin bloklar içerisine gömüldü. Parafin blok haline gelen dokulardan mikrotom cihazı ile (Leica®, Wetzlar, Almanya) 2 µm kalınlığında sagittal kesitler alındı. Alınan kesitler Hemotoksilen ve Eozin (H&E) ile boyandı ve ışık mikroskobu altında kör bakı ile incelendi.

Histopatolojik olarak,

- İntraoperatif alınan doku örneklerinde, karbonizasyon zonu (mm), koagülasyon zonu (mm), alveoler ödem (minimal, fokal, yaygın), alveoler amfizem (fokal, yaygın) ve alveoler atelektazi (fokal, yaygın) varlığı değerlendirildi.
- Postoperatif 15. günde hazırlanan doku örneklerinde, iyileşme doku miktarı (genişlik X derinlik (cm)), fibroplazi miktarı (mm), yangısal değişimler (hafif, orta, yoğun), alveoler rejenerasyon (mm), alveoler hemoraji (fokal, multifokal, yaygın), alveoler amfizem (fokal, yaygın) ve alveoler atelektazi (yok, fokal, yaygın) değerlendirildi. Yangısal değişimler olarak özellikle nekrotik debris çevreleyen histiyosit komponent, çok çekirdekli dev hücreler, polimorf nükleer, mononükleer ve lenfoid hücreler, plazmositler gözlemlendi ve yoğunluklarına göre hafif, orta ve şiddetli olarak derecelendirildi. Ölçümler 10'luk objektifte 100'lük

büyütmede okuler mikrometre ile (Olympus[®], Tokyo, Japonya) randomize olarak kesitteki lezyonun en kalın ve en geniş alanları dikkate alınarak yapıldı.

3.11. İstatistiksel Yöntem

Çalışmadaki grupların, klinik muayene bulguları, hematolojik, biyobelirteç, kan gazı analiz bulgularının ortalama ve standart sapma değerleri ile biyobelirteç grafikleri Office 2016 Excel (Microsoft[®], ABD) programı kullanılarak yapıldı. İstatistiksel analizlerde SPSS 23.0 versiyon (IBM[®], IBM Corporation, ABD) istatistik programı kullanıldı ve anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlendi.

Çalışmada ele alınan parametrelere uygulanan analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir.

- **Klinik muayene, hematoloji, biyobelirteç ve kan gazı analizleri ile radyolojik muayene bulguları**

Klinik muayene, hematolojik muayene, biyobelirteç, kan gazı analizleri ve radyolojik bulguları ölçüm zamanları yönünden grup içi ve gruplar arası olarak karşılaştırıldı. Verilerin istatistiksel analizi, gruplar normal dağılıma uygunsa “tek yönlü varyans analizi” ile normal dağılıma uygun olmadığında “Kruskal Wallis testi” ile gerçekleştirildi. Anlamlılık bulunması durumunda çoklu karşılaştırmalar “Tukey testi” ve ikili karşılaştırmalarda “Mann Whitney U testi” kullanıldı.

- **İntraoperatif bulgular**

İntraoperatif bulguların grup içi değerlendirmesinde ameliyat süresi, ışın uygulama süresi, enerji ve hava kaçağı skoru yönünden grupların birbirleri arasındaki ilişki için korelasyon analizi kullanıldı. Gruplar normal dağılıma uygun olduğunda “tek yönlü varyans analizi” ile normal dağılıma uygun olmadığında da “Kruskal Wallis testi” ile analizler gerçekleştirildi. Anlamlılık bulunduğu çoklu karşılaştırmalar için “Tukey testi” ve ikili karşılaştırmalarda da “Mann Whitney U testi” kullanıldı.

- **Histopatolojik bulgular**

Histopatolojik bulguların grup içi değerlendirmesinde; karbonizasyon ve koagülasyon zonu için ölçüm değerleri arasındaki anlamlılık gruplar normal dağılıma uygun ise “bağımsız örneklem t testi” ile gruplar normal dağılıma uygun değilse “Man Whitney U testi” ile hesaplandı.

Gruplar arası değerlendirmelerde, intraoperatif dönem için karbonizasyon ve koagulasyon zonu, postoperatif 15. gündeki akciğerin iyileşme dokusu miktarının genişlik ve derinliği, fibroplazi miktarı ve alveoler rejenerasyon için anlamlı farklılık “tek yönlü varyans analizi” ya da “Kruskal Wallis testi” ile hesaplandı. Anlamlılık bulunması durumunda çoklu karşılaştırma için “Tukey testi” ve “Mann Whitney U testi” kullanıldı.



4. BULGULAR

Çalışmadaki gruplarda yer alan tavşanların klinik, laboratuvar, radyolojik ve histopatolojik muayene bulguları aşağıda sırasıyla verilmektedir.

4.1. Klinik Muayene Bulguları

Gruplardaki tavşanlara ait vital parametrelerin preoperatif dönem, postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerdeki pulzasyon, respirasyon ve beden ısısı bulgularının ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1’de verilmektedir. Gruplardaki tavşanların kapillar dolun süreleri ve mukozal membran renkleri tüm kontrol günlerinde normaldi. Tablo 1 incelendiğinde; pulzasyon değerlerinin referans aralığında, respirasyon değerlerinin preoperatif dönem GRIII’te, postoperatif 0. gün GRI ve GRII’de, 1. gün GRI ve GRIII’te, 7. gün GRI ve GRII’de, 15. gün GRI’de referans aralığı üzerinde, vücut sıcaklığı değerlerinin postoperatif 0. günde tüm gruplarda referans değerinin altında, postoperatif 1. günde GRII ve GRIII’te referans aralığı üzerinde, diğer günlerde ise referans aralığında olduğu görüldü.

Tablo 1. Vital parametrelerin gruplara göre, preoperatif, postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerdeki ortalama ve standart sapma değerleri.

PRM	Grup	Preoperatif	0. gün	1. gün	7. gün	15. gün	Ref.
Pulz (dk)	GRI	196 ± 11	184 ± 8	216 ± 19	246 ± 45	235 ± 49	130-325
	GRII	251 ± 55	197 ± 6	207 ± 49	236 ± 48	214 ± 18	
	GRIII	227 ± 38	198 ± 18	242 ± 43	228 ± 70	239 ± 53	
Resp (dk)	GRI	56 ± 5	*62 ± 6	*64 ± 12	*63 ± 7	*66 ± 8	32-60
	GRII	59 ± 7	*75 ± 10	57 ± 6	*63 ± 7	55 ± 6	
	GRIII	*61 ± 6	54 ± 5	*64 ± 9	58 ± 7	57 ± 9	
VS (°C)	GRI	39 ± 0,4	*37,84 ± 0,8	39,98 ± 1,04	39,9 ± 0,83	39,37 ± 0,82	38,5-40
	GRII	39,28 ± 0,77	*38,24 ± 0,83	*40,48 ± 0,81	39,02 ± 0,52	39,24 ± 0,43	
	GRIII	38,84 ± 0,72	*37,58 ± 0,53	*40,41 ± 0,89	39 ± 0,55	39,11 ± 0,69	

PRM: Parametre, Pulz: Pulzasyon, Resp: Respirasyon, VS: Vücut sıcaklığı, Ref.: Referans aralığı, *: Referans aralığı dışında.

İstatistiksel olarak;

Vital parametrelerin zaman aralıklarına göre grup içi değerlendirmelerinde;

GRI için, pulzasyon parametresinde preoperatif ile 1, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,029$, $p=0,012$, $p=0,047$), 0. gün ile 1, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,002$, $p=0,002$, $p=0,003$) anlamlı farklılık saptandı. Vücut sıcaklığı parametresi için, 0. gün ile 1, 7 ve 15. günler arasında ($p<0,001$, $p=0,001$, $p=0,013$) anlamlı farklılık belirlendi.

GRII için, pulzasyon parametresinde 0. gün ile preoperatif ve 7. gün arasında ($p=0,017$, $p=0,017$), respirasyon parametresinde 0. gün ile preoperatif, 1, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,004$, $p=0,002$, $p=0,042$, $p<0,001$), vücut sıcaklığı parametresinde 1. gün ile preoperatif, 0, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,023$, $p<0,001$, $p=0,004$, $p=0,017$) anlamlı farklılık bulundu.

GRIII için, vücut sıcaklığı parametresinde, 0. gün ile preoperatif, 1, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,007$, $p=0,002$, $p=0,002$, $p=0,002$) ve 1. gün ile preoperatif, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,006$, $p=0,006$, $p=0,015$) anlamlı farklılık görüldü.

Gruplar arasında vital parametrelerin değerlendirilmesinde;

Preoperatif dönemde, pulzasyon parametresi için anlamlı farklılık, GRI ve GRII arasında saptandı ($p=0,017$). Postoperatif 0. günde, pulzasyon için, GRI ile GRII arasında ($p=0,017$) ve respirasyon için GRII ile GRI ve GRIII arasında ($p=0,009$, $p<0,001$) anlamlı fark vardı. Postoperatif 1. günde pulzasyon için anlamlı farklılık GRII ve GRIII arasında belirlendi ($p=0,024$). Postoperatif 7. günde vücut sıcaklığı için anlamlı farklılık, GRI ile GRIII arasındaydı ($p=0,047$).

4.2. Hematolojik Bulgular

Gruplara ait preoperatif dönem, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde değerlendirilen hematolojik parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 2 değerlendirildiğinde;

Preoperatif dönemde, sadece GRIII’te Lym değerinin referans aralığı dışında, diğer grupların parametrelerinin ise referans aralığında olduğu saptandı. Postoperatif 1. günde, GRII ve GRIII’ün Lym, RBC ve HCT değerleri ile GRI’in Hgb değeri referans değeri altındaydı. Postoperatif 7. günde, GRI’de RBC ve Hgb, GRII’de Lym, RBC, Hct, Hgb ve GRIII’te RBC, Hct, Hgb değerleri referans aralığı

altındayken, GRII'de Mon değeri referans değeri üzerindedir. Postoperatif 15. günde, GRI'de Hgb ve GRIII'te Lym, RBC, Hct ve Hgb referans değerleri altında, GRII'de Mon değeri referans değeri üzerinde saptandı.

Tablo 2. Gruplara ait hematolojik parametrelerin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki ortalama ve standart sapma değerleri.

Parametre	Grup	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün	Referans değeri
WBC (x10 ⁹ /L)	GRI	7,82±1,66	8,64±2,67	8,81±2,58	8,01±2,99	5,2-12,5
	GRII	7,33±2,42	7,51±1,18	10,29±1,16	9,45±1,98	
	GRIII	7,47±1,88	10,93±4,43	10,24±3,41	8,52±2,28	
Lym (x10 ⁹ /L)	GRI	3,47±0,69	3,68±1,52	3,87±1,30	3,55±1,76	3-8,5
	GRII	3,24±0,91	*2,51±0,81	*2,68±0,56	3,03±1,25	
	GRIII	*2,58±1,17	*2,69±1,26	3,29±2,73	*2,57±0,86	
Mon (x10 ⁹ /L)	GRI	0,31±0,17	0,34±0,14	0,32±0,13	0,37±0,17	0-1
	GRII	0,48±0,18	0,61±0,19	*1,08±0,33	*1,12±0,65	
	GRIII	0,51±0,16	0,56±0,27	0,57±0,12	0,90±0,65	
Neu (x10 ⁹ /L)	GRI	3,55±1,43	3,98±1,63	3,94±1,74	3,63±1,65	2-7,5
	GRII	3,23±1,43	3,70±1,16	5,61±0,84	4,36±1,31	
	GRIII	3,87±1,95	7,05±4,55	5,94±1,52	4,40±1,48	
Eos (x10 ⁹ /L)	GRI	0,03±0,02	0,04±0,01	0,03±0,01	0,03±0,02	0-0,5
	GRII	0,04±0,05	0,03±0,02	0,03±0,02	0,02±0,03	
	GRIII	0,08±0,03	0,14±0,17	0,06±0,03	0,09±0,07	
Bas (x10 ⁹ /L)	GRI	0,45±0,21	0,59±0,22	0,43±0,24	0,41±0,18	0-1
	GRII	0,33±0,09	0,64±0,31	0,87±0,35	0,89±0,62	
	GRIII	0,42±0,21	0,47±0,24	0,36±0,08	0,53±0,37	
RBC (10 ¹² /L)	GRI	6,22±0,65	4,98±1,37	*4,84±0,76	5,11±0,54	4,9-7,8
	GRII	5,31±0,77	*4,73±0,65	*4,69±0,49	5,23±0,40	
	GRIII	5,86±0,63	*4,55±0,54	*4,54±0,95	*4,79±0,64	
Hct (%)	GRI	40,68±5,71	33,24±9,46	35,34±6,45	34,95±5,42	31-50
	GRII	33,07±4,31	*30,02±3,48	*29,8±2,53	33,47±2,07	
	GRIII	38,07±5,25	*29,40±4,42	*28,98±6,49	*30,18±3,95	
Hgb (g/dl)	GRI	11,45±1,62	*8,82±2,26	*8,97±1,41	*8,94±1,58	10-17,4
	GRII	11,34±1,61	10,11±1,33	*9,81±0,76	10,82±0,66	
	GRIII	12,74±1,84	10,01±1,58	*9,65±2,04	*9,95±1,44	
PLT (x10 ⁹ /L)	GRI	725,28±121,35	726,85±166,31	660,71±260,02	877,14±99,84	200-1000
	GRII	549,42±177,91	499,14±188,16	917,42±114,23	668,57±211,75	
	GRIII	653,28±191,25	756±94,10	766,85±259,14	792,42±283,07	

WBC: Total lökosit, Lym: Lenfosit, Mon: Monosit, Neu: Nötrofil, Eos: Eozinofil, Bas: Bazofil, RBC: Eritrosit, Hct: Hematokrit, Hgb: Hemoglobin, PLT: Trombosit, *: Referans aralığı dışında.

İstatistiksel olarak;

Grup içi zamanlara göre hematolojik parametrelerin değerlendirilmesinde;

GRI'in RBC ve Hgb parametreleri için anlamlı fark vardı ($p=0,014$, $p=0,039$). RBC için preoperatif ile 1, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,025$, $p=0,004$, $p=0,009$) ve Hgb için, preoperatif ile 1, 7 ve 15. günler arasında anlamlı farklılık ($p=0,035$, $p=0,013$, $p=0,021$) saptandı.

GRII'nin WBC, Mon, Neu, Bas ve PLT parametreleri için anlamlı farklılık bulundu ($p=0,010$, $p=0,04$, $p=0,007$, $p=0,002$, $p=0,005$). WBC için preoperatif ile 7. gün ($p=0,023$) ve 1 ile 7. gün arasında ($p=0,035$), Mon için preoperatif ile 7. gün ($p=0,004$), preoperatif ile 15. gün ($p=0,009$), 1 ile 7. gün ($p=0,009$) arasında, Neu için preoperatif ile 7. gün ($p=0,006$), 1 ile 7. gün ($p=0,034$) arasında, Bas için preoperatif ile 1, 7 ve 15. günler arasında ($p=0,009$, $p=0,002$, $p=0,006$), PLT için, preoperatif ile 7. gün ($p=0,004$), 1 ve 7. gün ($p=0,003$), 7 ve 15. günler ($p=0,035$) arasında anlamlı farklılık belirlendi.

GRIII'ün RBC, Hct ve Hgb parametreleri için anlamlı farklılık gözlemlendi ($p=0,005$, $p=0,008$, $p=0,009$). RBC için preoperatif ile 1, 7 ve 15. günler ($p=0,011$, $p=0,010$, $p=0,044$) arasında, Hct için preoperatif ile 1, 7 ve 15. günler ($p=0,02$, $p=0,014$, $p=0,039$), Hgb için preoperatif ile 1, 7 ve 15. günler ($p=0,035$, $p=0,015$, $p=0,030$) arasında anlamlı farklılık saptandı.

Gruplar arasında hematolojik parametrelerin değerlendirilmesinde;

Preoperatif dönemde, HCT değeri için GRI ve GRII arasında anlamlı farklılık saptandı ($p=0,032$). Postoperatif 1. günde Eos değeri için GRI ile GRIII ($p=0,023$) ve GRII ile GRIII ($p=0,024$) arasında, PLT değeri için GRI ile GRII ($p=0,033$) ve GRII ile GRIII ($p=0,016$) arasında anlamlı farklılık vardı. Postoperatif 7. günde, Mon değeri için, GRI ile GRII ($p<0,001$) ve GRII ile GRIII ($p=0,001$) arasında, Neu değeri için, GRI ve GRIII ($p=0,043$) arasında, Bas değeri için, GRI ile GRII ($p=0,013$) ve GRII ile GRIII ($p=0,002$) arasında anlamlı farklılık belirlendi. Postoperatif 15. günde Mon değeri için, GRI ile GRII ($p=0,004$), Eos değeri için GRI ile GRIII ($p=0,014$) ve GRII ile GRIII ($p=0,017$) arasında anlamlı farklılık görüldü.

4.3. Biyobelirteç Bulguları

4.3.1. IL-1 β Bulguları

GRI, GRII ve GRIII'e ait preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki IL-1 β değerleri Tablo 3, 4 ve 5'te verilmektedir.

Gruplardaki IL-1 β 'nin zamanlara göre ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alındığında, GRI'de 1 ve 7. günlerde azaldığı, 15. günde arttığı, GRII'de 1 ve 15. günlerde hafif düzeyde azaldığı ve 7. günde ise arttığı, GRIII'te 1 ve 7. günlerde hafif düzeyde azaldığı ve 15. günde arttığı gözlemlendi. Gruplardaki IL-1 β 'nin ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alınarak oluşturulan Grafik 1'de bulgular karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Tablo 3. GRI'e ait IL-1 β (pg/ml) parametresinin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri.

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRI-1	43,84	42,1	16,52	15,80
GRI-2	5,73	5,26	5,45	6,86
GRI-3	288,29	6,39	142,48	59,14
GRI-4	7,05	5,73	7,14	4,51
GRI-5	4,32	3,95	6,77	5,64
GRI-6	7,61	10,15	17,13	8,83
GRI-7	7,71	11,18	10,90	13,25
Ort \pm Std.dev.	12,71 \pm 15,30	12,10 \pm 13,48	10,65 \pm 5,11	16,29 \pm 19,33

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Tablo 4. GRII'ye ait IL-1 β (pg/ml) parametresinin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri.

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRII-1	2,82	3,38	3,76	3,20
GRII-2	7,89	6,58	13,16	9,68
GRII-3	14,10	5,26	12,87	9,12
GRII-4	3,29	4,04	3,85	4,51
GRII-5	8,46	17,54	15,60	3,29
GRII-6	9,77	3,95	4,70	11,18
GRII-7	7,42	3,95	3,48	3,10
Ort \pm Std.dev.	7,67 \pm 3,85	6,38 \pm 5,03	8,20 \pm 5,39	6,29 \pm 3,54

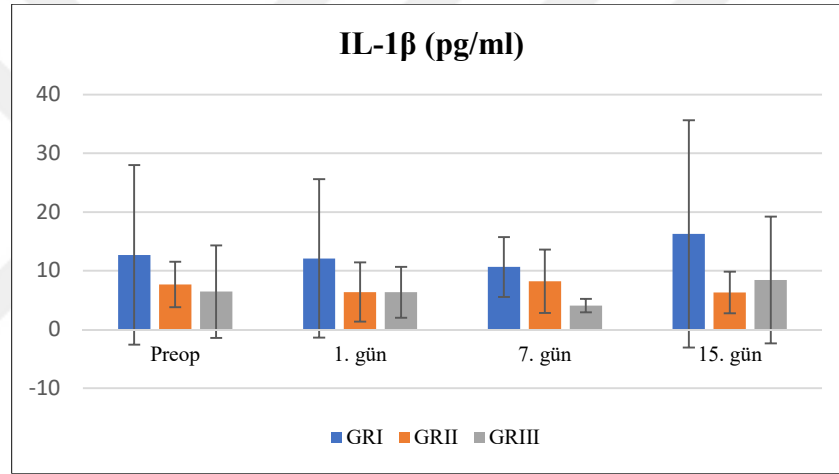
Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Tablo 5. GRIII'e ait IL-1 β (pg/ml) parametresinin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri.

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRIII-1	3,10	3,57	5,26	32,48
GRIII-2	23,76	15,91	3,29	7,24
GRIII-3	2,35	5,83	4,70	3,57
GRIII-4	7,89	4,60	4,89	2,91
GRIII-5	2,91	5,07	3,95	1,50
GRIII-6	1,88	3,20	1,97	5,54
GRIII-7	3,29	6,20	4,51	5,83
Ort \pm Std.dev.	6,45 \pm 7,88	6,34 \pm 4,35	4,08 \pm 1,13	8,43 \pm 10,77

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Grafik 1. Grupların preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki IL-1 β 'nin ortalama ve standart sapma değerleri (pg/ml).



İstatistiksel olarak;

Grup içinde zamanlara göre IL-1 β 'nin değerlendirilmesinde;

GRI, GRII ve GRIII' ün preoperatif dönem, postoperatif 1, 7 ve 15. günler arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p=0,818$, $p=0,824$, $p=0,498$).

Gruplar arasında IL-1 β 'nin değerlendirilmesinde;

Preoperatif dönem, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde IL-1 β değeri için gruplar arasında anlamlı farklılık görülmedi ($p=0,338$, $p=0,380$, $p=0,122$, $p=0,183$).

4.3.2. IL-8 Bulguları

GRI, GRII ve GRIII'e ait preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki IL-8 değerleri Tablo 6, 7 ve 8'de verilmektedir.

Gruplardaki IL-8'in zamanlara göre ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, GRI'de 1 ve 7. günlerde azaldığı, 15. günde arttığı, GRII'de 1 ve 15. günlerde arttığı, 7. günde ise azaldığı, GRIII'te 1 ve 7. günlerde hafif düzeyde azaldığı ve 15. günde arttığı gözlendi. Gruplardaki IL-8'in ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alınarak oluşturulan Grafik 2'de ifade edilen bulgular karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Tablo 6. GRI'e ait IL-8 (pg/ml) parametresinin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri.

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRI-1	64,70	23,01	22,89	21,88
GRI-2	23,57	22,67	19,98	26,26
GRI-3	22,78	23,12	27,72	31,41
GRI-4	27,16	24,47	21,55	23,91
GRI-5	21,77	20,76	26,49	27,61
GRI-6	25,70	23,79	22	67,29
GRI-7	23,01	22	23,79	20,43
Ort±Std.dev.	29,81±15,49	22,83±1,20	23,48±2,75	31,25±16,30

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Tablo 7. GRII'ye ait IL-8 (pg/ml) parametresinin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri.

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRII-1	20,43	25,70	19,75	23,12
GRII-2	20,31	22,89	19,53	21,66
GRII-3	20,43	23,01	20,87	22,00
GRII-4	23,57	23,12	19,86	22,33
GRII-5	22,22	45,04	23,57	47,38
GRII-6	21,44	24,80	20,87	20,09
GRII-7	21,44	32,48	23,79	49,72
Ort±Std.dev.	21,40±1,18	28,14±8,17	21,17±1,79	29,47±13,08

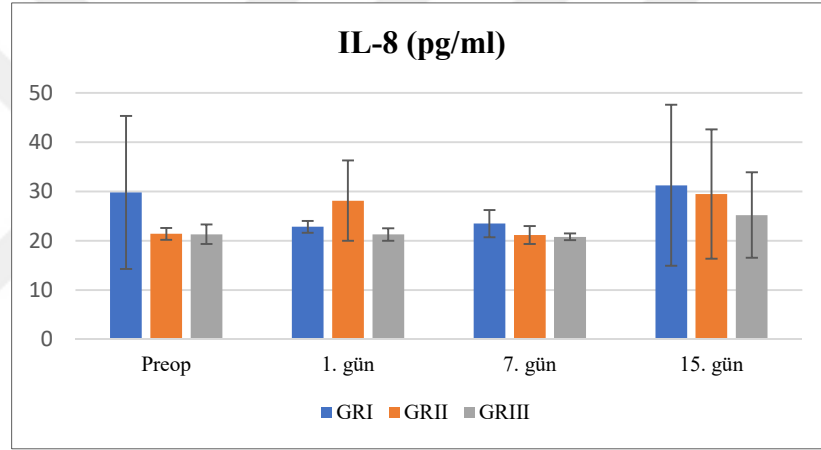
Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Tablo 8. GRIII'e ait IL-8 (pg/ml) parametresinin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri.

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRIII-1	22,67	20,54	21,10	21,77
GRIII-2	25,14	20,09	22,11	44,61
GRIII-3	20,09	21,21	20,54	21,32
GRIII-4	20,87	23,57	21,10	25,14
GRIII-5	21,21	22,22	20,09	20,99
GRIII-6	20,09	21,10	20,65	20,87
GRIII-7	19,19	20,20	20,09	21,88
Ort±Std.dev.	21,32±2	21,27±1,24	20,81±0,70	25,22±8,67

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Grafik 2. Grupların preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki IL-8'in ortalama ve standart sapma değerleri (pg/ml).



İstatistiksel olarak,

Grup içinde zamanlara göre IL-8'in değerlendirilmesinde;

GRI ve GRIII'te preoperatif dönem, postoperatif 1, 7 ve 15. günler arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p=0,438$, $p=0,214$). GRII'de IL-8 değerleri için, preoperatif ile 1. gün ($p=0,006$) ve 1 ile 7. gün arasında ($p=0,018$) anlamlı fark vardı.

Gruplar arasında IL-8'in değerlendirilmesinde;

Preoperatif dönem, postoperatif 1 ve 7. günlerde arasında anlamlı farklılık belirlendi ($p=0,012$, $p=0,007$, $p=0,039$). Preoperatif dönemde, GRI ile GRII ($p=0,010$) ve GRI ile GRIII ($p=0,013$) arasında postoperatif 1. günde GRI ile GRIII

($p=0,048$) ve GRII ile GRIII ($p=0,006$) arasında, postoperatif 7. günde GRI ve GRIII ($p=0,047$) arasında bulundu.

4.3.3. VEGF Bulguları

GRI, GRII ve GRIII'e ait preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki VEGF değerleri Tablo 9, 10 ve 11'de verilmektedir.

Gruplardaki VEGF'nin zamanlara göre ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alındığında, GRI'de 1 ve 7. günlerde azaldığı, 15. günde arttığı, GRII'de 1. günde arttığı, 7 ve 15. günlerde hafif düzeyde azaldığı, GRIII'te 1 ve 7. günlerde azaldığı ve 15. günde arttığı gözlemlendi. Gruplardaki VEGF'nin ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alınarak oluşturulan Grafik 3'te ifade edilen bulgular karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Tablo 9. GRI'e ait VEGF'nin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri (pg/ml).

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRI-1	13,46	10,20	8,66	10,29
GRI-2	8,06	7,89	6,17	9,26
GRI-3	7,63	8,74	8,66	9,51
GRI-4	11,14	9,34	9	9,94
GRI-5	6,51	4,8	10,03	10,80
GRI-6	19,69	11,31	8,49	21,96
GRI-7	7,03	6,26	8,57	14,74
Ort±Std.dev.	10,50±4,75	8,36±2,25	8,51±1,16	12,35±4,62

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Tablo 10. GRII'ye ait VEGF'nin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri (pg/ml).

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRII-1	9,09	10,20	5,74	7,71
GRII-2	3,77	9,43	10,97	8,23
GRII-3	16,81	9,60	7,80	7,46
GRII-4	6,34	6,77	7,37	5,91
GRII-5	8,23	17,42	13,89	13,29
GRII-6	5,14	3,77	3,60	4,71
GRII-7	10,03	8,23	5,74	8,66
Ort±Std.dev.	8,48±4,28	9,34±4,18	7,87±3,49	7,99±2,70

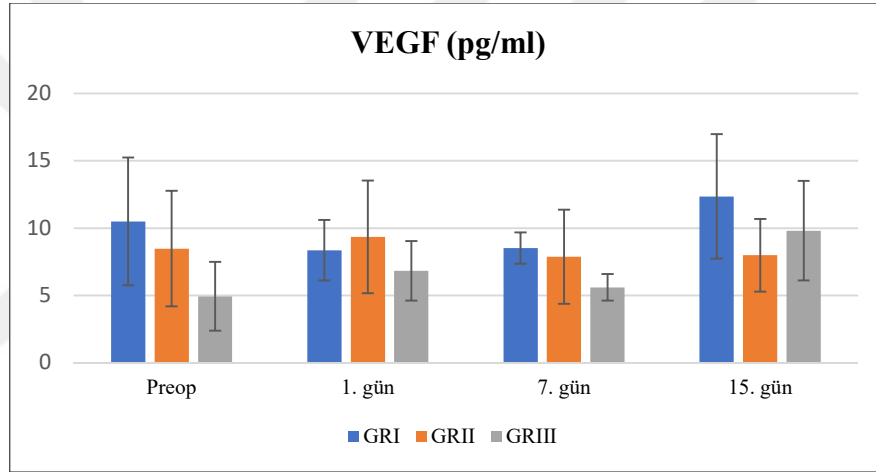
Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Tablo 11. GRIII'e ait VEGF'nin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki değerleri (pg/ml).

Grup	Zaman			
	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün
GRIII-1	3,34	3,77	3,94	8,91
GRIII-2	8,49	6,26	4,80	9,77
GRIII-3	2,83	7,03	6,43	15,90
GRIII-4	7,97	9,17	6,51	9,51
GRIII-5	2,31	6,09	5,14	13,03
GRIII-6	6,26	10,20	6,34	6,69
GRIII-7	3,60	5,31	6,09	4,89
Ort±Std.dev.	4,94±2,55	6,83±2,21	5,60±0,99	9,81±3,70

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Grafik 3. Grupların preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki VEGF'nin ortalama ve standart sapma değerleri (pg/ml).



İstatistiksel olarak,

Grup içinde zamanlara göre VEGF'nin değerlendirilmesinde;

GRI ve GRII'de preoperatif dönem, postoperatif 1, 7 ve 15. günler arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p=0,097$, $p=0,878$). GRIII'te VEGF değerinin grup içi değerlendirilmesinde anlamlı fark tespit edildi ($p=0,008$). Bu farklılık preoperatif ile 15. gün ($p=0,008$) ve 7 ile 15. gün arasındaydı ($p=0,025$).

Gruplar arasında VEGF'nin değerlendirilmesinde;

Preoperatif, postoperatif 1. ve 7. günlerde, gruplar arasında anlamlı farklılık yokken ($p=0,053$, $p=0,317$, $p=0,058$), 15. günde anlamlı fark bulundu ($p=0,042$). Bu farklılık, GRI ve GRII arasındaydı ($p=0,013$).

4.4. Kan Gazı Bulguları

Gruplara ait preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde değerlendirilen kan gazı parametrelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 12’de verilmektedir. Preoperatif olarak GRI’de Na⁺ ve Ca⁺⁺ referans aralığının altında, GRII’de PaO₂ referans aralığı üzerinde ve Ca⁺⁺ da referans aralığı altındaydı. Postoperatif 1. günde, GRI’de PaCO₂, PaO₂ referans aralığı üzerinde, pH ve Ca⁺⁺ referans aralığı altında, GRII’de Ca⁺⁺ ve GRIII’te Na⁺ referans aralığı altındaydı. Postoperatif 7. günde, GRI’de HCO₃⁻, Na⁺ ve Ca⁺⁺ referans değeri altında PaO₂ ve SpO₂ referans aralığı üzerinde ve GRIII’te Na⁺ referans değeri altındadır. Postoperatif 15. günde, GRI’de PaO₂, K⁺ ve SaO₂ referans aralığı üstünde Na⁺ ve Ca⁺⁺ referans aralığındaydı. GRII’de Ca⁺⁺ ve GRIII’te Na⁺ referans aralığı altındaydı.

Tablo 12. Grupların kan gazı parametrelerinin preoperatif, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerdeki ortalama ve standart sapma değerleri. (*: Referans aralığı dışında).

Parametre	Grup	Preoperatif	1. gün	7. gün	15. gün	Referans aralığı
pH	GRI	7,45±0,07	*7,28±0,25	7,40±0,05	7,44±0,04	7,35-7,54
	GRII	7,42±0,05	7,42±0,10	7,39±0,08	7,37±0,07	
	GRIII	7,42±0,04	7,40±0,13	7,46±0,06	7,36±0,03	
PaCO ₂ (mm/Hg)	GRI	31,37±8	42,77±19,09	26,88±5,34	29,4±1,99	25,29-40,37
	GRII	34,82±3,88	33,68±7,48	36,58±5,20	40,31±3,82	
	GRIII	33,2±4,60	32,84±7,02	34,7±2,64	36,82±2,69	
PaO ₂ (mm/Hg)	GRI	95,14±34,34	*100,57±16,56	*115,14±11,56	*116±16,29	50,3-98,2
	GRII	*106,85±14,57	79,85±17,64	86,24±7,72	90,71±22,44	
	GRIII	94,57±9,72	89,28±10,99	86,28±15,25	84,71±11,38	
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	GRI	22,25±8,21	18,65±4,52	*16,41±2,28	20,04±3,13	17,96-29,41
	GRII	22,8±3,77	21,82±4,29	22,5±4	23,98±4,40	
	GRIII	22,01±4,33	22,2±7,47	24,81±5,59	21,21±1,60	
Na ⁺ (mmol/L)	GRI	*134,71±5,64	*130,71±10,90	*135±7,18	*134,42±5,50	137,6-145,2
	GRII	139±9,53	140,14±1,21	138,71±4,68	143,28±2,13	
	GRIII	139,14±1,95	*135,71±6,99	*137±3,16	*137,28±1,79	
K ⁺ (mmol/L)	GRI	4,38±0,41	5,17±1,97	4,77±0,60	*4,98±0,66	3,28-4,87
	GRII	4,31±0,59	4,14±0,32	4,73±0,60	4,35±0,52	
	GRIII	4,35±0,52	4,06±0,41	4,10±0,42	4,45±0,54	
Cl ⁻ (mmol/L)	GRI	98,57±4,89	102,14±7,24	97,28±5,43	101,85±5,81	93-113
	GRII	104,28±3,90	106±1,73	106,57±2,69	107,42±1,27	
	GRIII	105,42±2,93	104±5,83	103,14±6,79	106,14±1,67	
Ca ⁺⁺ (mmol/L)	GRI	*1,40±0,28	*1,28±0,39	*1,56±0,12	*1,62±0,05	1,64-1,94
	GRII	*1,62±0,08	*1,60±0,06	1,67±0,12	*0,70±0,04	
	GRIII	1,65±0,06	1,65±0,23	1,64±0,10	1,73±0,06	
SpO ₂ (%)	GRI	96,35±2,93	95,77±3,41	*98,54±0,48	*98,62±0,58	88,8-98
	GRII	97,92±0,63	95,77±1,47	96,32±2,01	94,74±6,39	
	GRIII	97,2±1,09	96,72±0,77	96,67±2,44	95,62±1,79	

İstatistiksel olarak,

Grup içi zamanlara göre kan gazı parametrelerinin değerlendirilmesinde;

GRII'nin PaO₂, Na⁺, Ca⁺⁺, SpO₂ parametreleri için anlamlı fark görüldü ($p=0,034$, $p=0,007$, $p=0,030$, $p=0,032$). PaO₂ için, preoperatif ve 1. gün arasında ($p=0,026$), Na⁺ değeri için preoperatif ile 1 ve 15. gün arasında ($p=0,024$, $p=0,024$), 1. gün ile 7 ve 15 gün arasında ($p=0,16$, $p=0,024$), 7. ve 15. gün arasında ($p=0,024$), Ca⁺⁺ için, preoperatif ve 15. gün ($p=0,012$) ile 1 ve 15. gün ($p=0,006$) arasında, SpO₂ için, preoperatif ile 1. gün ($p=0,006$) ve preoperatif ile 7. gün ($p=0,040$) arasında anlamlı fark belirlendi.

Gruplar arası zamanlara göre kan gazı parametrelerinin değerlendirilmesinde;

Preoperatif dönemde, Cl⁻ değeri için GRI ile GRII ($p=0,039$) ve GRI ile GRIII ($p=0,013$), Ca⁺⁺ değeri için, GRI ve GRIII ($p=0,039$) arasında anlamlı fark vardı.

Postoperatif 1. günde, Na⁺ değeri için, GRI ile GRII ($p=0,024$) ve GRII ile GRIII ($p=0,011$) arasında, Ca⁺⁺ değeri için GRI ve GRIII ($p=0,009$) arasında anlamlı fark saptandı.

Postoperatif 7. günde, PaCO₂ değeri için, GRI ile GRII ($p=0,002$) ve GRI ile GRIII ($p=0,013$) arasında, PaO₂ değeri için GRI ile GRII ($p=0,002$) ve GRI ile GRIII ($p=0,003$) arasında, HCO₃⁻ değeri için GRI ile GRII ($p=0,013$) ve GRI ile GRIII ($p=0,002$) arasında, Cl⁻ değeri için GRI ile GRII ($p=0,004$) ve GRI ve GRIII ($p=0,029$) arasında anlamlı fark belirlendi.

Postoperatif 15. günde, pH değeri için, GRI ve GRIII ($p=0,043$), PaCO₂ değeri için, GRI ile GRII ($p<0,001$) ve GRI ile GRIII ($p<0,001$), PaO₂ değeri için GRI ile GRII ($p=0,035$) ve GRI ile GRIII ($p=0,009$), Na⁺ değeri için GRI ile GRII ($p=0,005$) ve GRII ile GRIII ($p=0,002$), Cl⁻ değeri için GRI ile GRII ($p=0,024$), Ca⁺⁺ değeri için, GRI ve GRII ($p=0,010$), GRI ile GRIII ($p=0,018$), SpO₂ değeri için, GRI ile GRII ($p=0,004$) ve GRI ile GRIII ($p=0,002$) arasında anlamlı fark bulundu.

4.5. Radyolojik Muayene Bulguları

GRI, GRII ve GRIII'e ait preoperatif (Şekil 8) ve postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerdeki radyolojik muayene bulguları Tablo 13, 14 ve 15'te verilmektedir.

GRI'e ait radyolojik muayene bulguları değerlendirildiğinde;

Postoperatif 0. günde 3 olguda hafif, 3 olguda orta, 1 olguda şiddetli derecede pnömotoraks, 3 olguda hafif, 1 olguda orta derecede pnömomediastinum, 5 olguda hafif, 1 olguda orta derecede plevral efüzyon, 1 olguda hafif derecede atelektazi, 2 olguda hafif, 4 olguda orta derecede akciğer ödemi, 2 olguda hafif, 4 olguda orta derecede subkutan amfizem, 1 olguda hafif, 4 olguda orta ve 2 olguda şiddetli derecede akciğer deseni saptandı (Şekil 9).

Postoperatif 1. günde 2 olguda hafif, 3 olguda orta derecede pnömotoraks, 1 olguda hafif derecede pnömomediastinum, 1 olguda hafif derecede plevral efüzyon, 2 olguda hafif derecede atelektazi, 4 olguda hafif, 1 olguda orta derecede akciğer ödemi, 3 olguda hafif, 1 olguda orta derecede subkutan amfizem, 2 olguda hafif, 5 olguda orta derecede akciğer deseni belirlendi (Şekil 10).

Postoperatif 7. günde 2 olguda hafif derecede pnömotoraks, 1 olguda hafif derecede atelektazi, 1 olguda hafif derecede akciğer ödemi, 6 olguda hafif, 1 olguda orta derecede akciğer deseni tespit edildi (Şekil 11).

Postoperatif 15. günde 1 olguda hafif derecede pnömotoraks, 1 olguda hafif derecede atelektazi, 4 olguda hafif, 2 olguda orta derecede akciğer deseni gözlemlendi (Şekil 12).

GRİİ'ye ait radyolojik muayene bulguları değerlendirildiğinde;

Postoperatif 0. günde 4 olguda hafif, 2 olguda orta, 1 olguda şiddetli derecede pnömotoraks, 4 olguda hafif, 1 olguda orta derecede pnömomediastinum, 3 olguda hafif derecede plevral efüzyon, 1 olguda orta derecede atelektazi, 1 olguda orta, 2 olguda şiddetli derecede akciğer ödemi, 2 olguda hafif, 3 olguda orta derecede subkutan amfizem, 2 olguda hafif, 3 olguda orta ve 2 olguda şiddetli derecede akciğer deseni saptandı (Şekil 13).

Postoperatif 1. günde 3 olguda hafif, 1 olguda orta derecede pnömotoraks, 2 olguda hafif derecede pnömomediastinum, 2 olguda hafif derecede plevral efüzyon, 2 olguda hafif derecede atelektazi, 3 olguda hafif, 3 olguda orta derecede akciğer ödemi, 5 olguda hafif derecede subkutan amfizem, 3 olguda hafif, 4 olguda orta derecede akciğer deseni belirlendi (Şekil 14).

Postoperatif 7. günde 1 olguda hafif derecede pnömotoraks, 2 olguda hafif, 1 olguda orta derecede akciğer ödemi, 3 olguda hafif, 4 olguda orta derecede akciğer deseni tespit edildi (Şekil 15).

Postoperatif 15. günde, 1 olguda hafif derecede atelektazi, 5 olguda hafif, 1 olguda orta derecede akciğer deseni gözlemlendi (Şekil 16).

GRIII'e ait radyolojik muayene bulguları değerlendirildiğinde;

Postoperatif 0. günde 1 olguda hafif, 4 olguda orta, 2 olguda şiddetli derecede pnömotoraks, 4 olguda hafif, 2 olguda orta derecede pnömomediastinum, 5 olguda orta derecede plevral efüzyon, 2 olguda hafif, 3 olguda orta derecede akciğer ödemi, 3 olguda hafif, 3 olguda orta derecede subkutan amfizem, 1 olguda orta ve 6 olguda şiddetli derecede akciğer deseni saptandı (Şekil 17).

Postoperatif 1. günde 4 olguda hafif, 2 olguda orta derecede pnömotoraks, 2 olguda hafif, 1 olguda orta derecede pnömomediastinum, 4 olguda hafif derecede plevral efüzyon, 2 olguda hafif derecede atelektazi, 3 olguda hafif, 2 olguda orta derecede akciğer ödemi, 2 olguda hafif, 2 olguda orta derecede subkutan amfizem, 4 olguda orta, 3 olguda şiddetli derecede akciğer deseni belirlendi (Şekil 18).

Postoperatif 7. günde 2 olguda hafif derecede pnömotoraks, 1 olguda hafif derecede pnömomediastinum, 1 olguda hafif derecede plevral efüzyon, 1 olguda hafif derecede atelektazi, 1 olguda hafif derecede akciğer ödemi, 4 olguda hafif, 3 olguda orta derecede akciğer deseni tespit edildi (Şekil 19).

Postoperatif 15. günde 1 olguda orta derecede pnömotoraks, 4 olguda hafif derecede atelektazi, 1 olguda orta derecede subkutan amfizem, 4 olguda hafif, 2 olguda orta derecede akciğer deseni gözlemlendi (Şekil 20).

Tablo 13. GRI'in postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerdeki radyolojik bulguları.

	GRI	Pnö	Pme	Pef	Atl	Aöd	Ska	Akd	Toplam
0. gün	GRI-1	3	0	1	1	2	1	2	10
	GRI-2	2	1	1	0	1	2	3	10
	GRI-3	2	0	1	0	1	2	2	8
	GRI-4	2	2	1	0	0	2	2	9
	GRI-5	1	1	2	0	2	0	3	9
	GRI-6	1	1	1	0	2	2	2	9
	GRI-7	1	0	0	0	2	1	1	5
1. gün	GRI-1	2	0	0	1	1	0	2	6
	GRI-2	1	0	0	0	2	1	2	6
	GRI-3	2	0	0	0	1	1	1	5
	GRI-4	2	1	0	0	0	2	2	7
	GRI-5	0	0	0	0	1	0	2	3
	GRI-6	1	0	1	1	0	1	2	6
	GRI-7	0	0	0	0	1	0	1	2
7. gün	GRI-1	1	0	0	1	0	0	1	3
	GRI-2	0	0	0	0	1	0	1	2
	GRI-3	1	0	0	0	0	0	1	2
	GRI-4	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRI-5	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRI-6	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRI-7	0	0	0	0	0	0	1	1
15. gün	GRI-1	1	0	0	1	0	0	1	3
	GRI-2	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRI-3	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRI-4	0	0	0	0	0	0	0	0
	GRI-5	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRI-6	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRI-7	0	0	0	0	0	0	1	1

Pnö: Pnömotoraks, **Pme:** Pnömomediastinum, **Pef:** Plevral efüzyon, **Atl:** Atelektazi, **Aöd:** Akciğer ödemi, **Ska:** Subkutan amfizem, **Akd:** Akciğer deseni, 3: şiddetli, 2: orta, 1: hafif, 0: yok.

Tablo 14. GRII'in postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerdeki radyolojik bulguları.

	GRII	Pnö	Pme	Pef	Atl	Aöd	Ska	Akd	Toplam
0. gün	GRII-1	1	1	1	0	0	2	2	7
	GRII-2	3	2	0	2	0	2	2	11
	GRII-3	1	0	1	0	0	1	1	4
	GRII-4	1	1	1	0	0	0	1	4
	GRII-5	1	1	0	0	3	1	3	9
	GRII-6	2	0	0	0	2	2	2	8
	GRII-7	2	1	0	0	3	0	3	9
1. gün	GRII-1	1	1	0	0	2	1	2	7
	GRII-2	2	1	1	1	1	1	1	8
	GRII-3	0	0	1	0	1	1	1	4
	GRII-4	1	0	0	1	0	0	1	3
	GRII-5	0	0	0	0	2	1	2	5
	GRII-6	1	0	0	0	2	1	2	6
	GRII-7	0	0	0	0	1	0	2	3
7. gün	GRII-1	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRII-2	1	0	0	0	1	0	2	4
	GRII-3	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRII-4	0	0	0	0	1	0	1	2
	GRII-5	0	0	0	0	2	0	2	4
	GRII-6	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRII-7	0	0	0	0	0	0	1	1
15. gün	GRII-1	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRII-2	0	0	0	1	0	0	1	2
	GRII-3	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRII-4	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRII-5	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRII-6	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRII-7	0	0	0	0	0	0	0	0

Pnö: Pnömotoraks, **Pme:** Pnömomediastinum, **Pef:** Plevral efüzyon, **Atl:** Atelektazi, **Aöd:** Akciğer ödemi, **Ska:** Subkutan amfizem, **Akd:** Akciğer deseni, 3: şiddetli, 2: orta, 1: hafif, 0: yok.

Tablo 15. GRIII'ün postoperatif 0, 1, 7 ve 15. günlerdeki radyolojik bulguları.

GRIII	Pnö	Pme	Pef	Atl	Aöd	Ska	Akd	Toplam	
0. gün	GRIII-1	1	0	0	0	2	0	3	6
	GRIII-2	2	1	2	0	1	1	2	9
	GRIII-3	3	2	2	0	2	1	3	13
	GRIII-4	2	1	2	0	0	2	3	10
	GRIII-5	2	1	2	0	0	1	3	9
	GRIII-6	3	2	2	0	1	2	3	13
	GRIII-7	2	1	0	0	2	2	3	10
1. gün	GRIII-1	0	0	0	0	2	1	3	6
	GRIII-2	1	0	1	1	1	0	2	6
	GRIII-3	2	1	1	0	1	1	2	8
	GRIII-4	1	0	1	0	0	2	3	7
	GRIII-5	1	0	1	0	0	0	2	4
	GRIII-6	1	1	0	1	1	0	2	6
	GRIII-7	2	2	0	0	2	2	3	11
7. gün	GRIII-1	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRIII-2	0	0	0	0	1	0	1	2
	GRIII-3	1	1	1	0	0	0	2	5
	GRIII-4	1	0	0	1	0	0	2	4
	GRIII-5	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRIII-6	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRIII-7	0	0	0	0	0	0	1	1
15. gün	GRIII-1	0	0	0	1	0	0	1	2
	GRIII-2	0	0	0	0	0	0	0	0
	GRIII-3	0	0	0	0	0	0	2	2
	GRIII-4	0	0	0	1	0	0	1	2
	GRIII-5	0	0	0	0	0	0	1	1
	GRIII-6	0	0	0	1	0	0	1	2
	GRIII-7	2	0	0	1	0	2	2	7

Pnö: Pnömotoraks, **Pme:** Pnömomediastinum, **Pef:** Plevral efüzyon, **Atl:** Atelektazi, **Aöd:** Akciğer ödemi, **Ska:** Subkutan amfizem, **Akd:** Akciğer deseni, 3: şiddetli, 2: orta, 1: hafif, 0: yok.

İstatistiksel olarak,

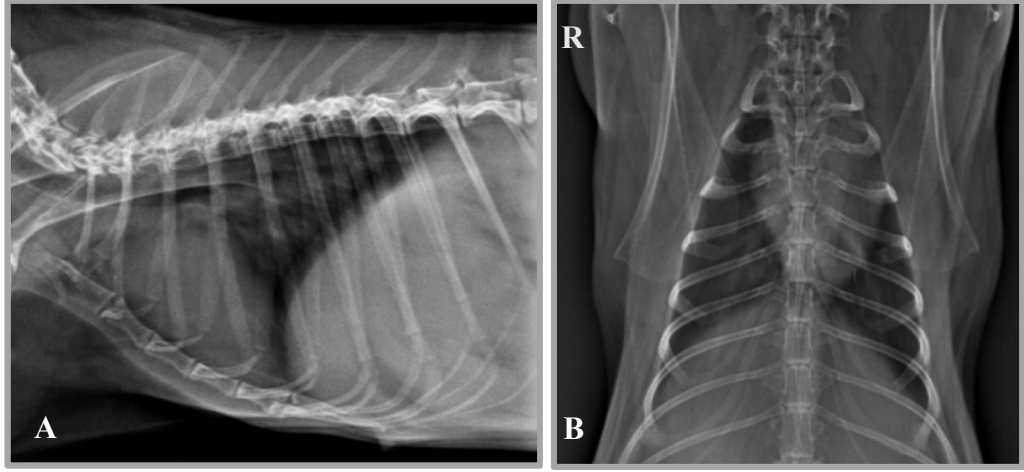
Grup içi zamanlara göre radyolojik bulguların değerlendirilmesinde meydana gelen tüm patolojilerin toplamı tek bir akciğer patolojisi şeklinde hesaplanarak yapılmıştır.

GRI'de, 0. gün ile 1, 7 ve 15. günler ($p=0,010$, $p=0,001$, $p=0,002$), 1. gün ile 7 ve 15. günler ($p=0,005$, $p=0,004$) arasında anlamlı fark saptandı.

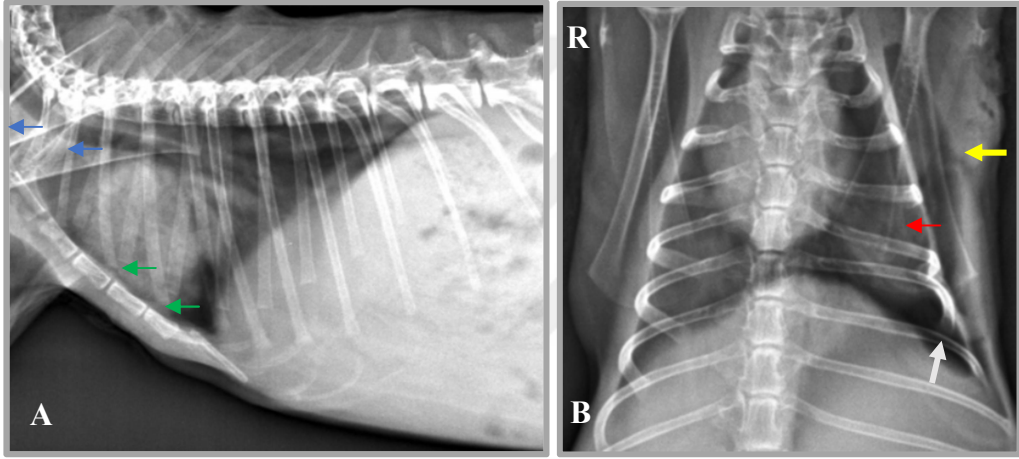
GRII'de 0. gün ile 7 ve 15. günler ($p<0,001$, $p<0,001$), 1. gün ile 7 ve 15. günler ($p=0,030$, $p=0,002$) arasında anlamlı fark belirlendi.

GRIII'te ise, 0. Gün ile 1, 7 ve 15. günler ($p=0,038$, $p=0,002$, $p=0,002$), 1. gün ile 7 ve 15. günler ($p=0,003$, $p=0,009$) arasında anlamlı fark vardı.

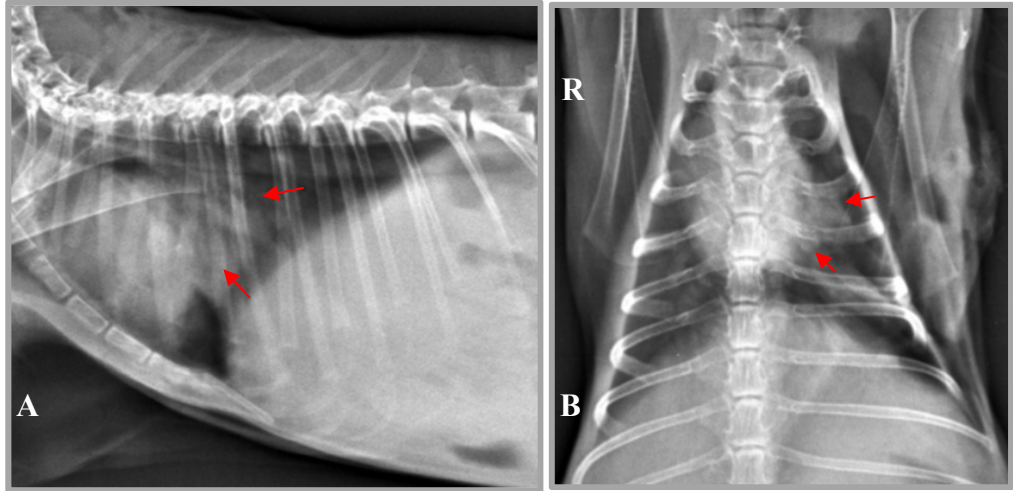
Gruplar arası radyolojik bulguların değerlendirilmesinde; sadece akciğer deseni yönünden anlamlı farklılık bulundu ve bu farklılık, 1. günde GRI ile GRIII ($p=0,03$) ve GRII ile GRIII ($p=0,018$) arasında belirlendi.



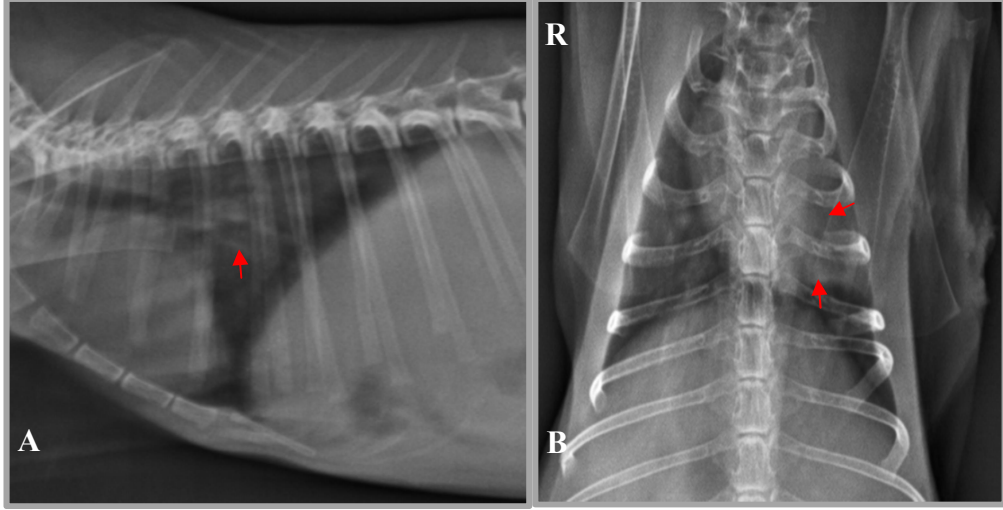
Şekil 8. GRII-7'ye ait preoperatif lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler, **R:** sağ.



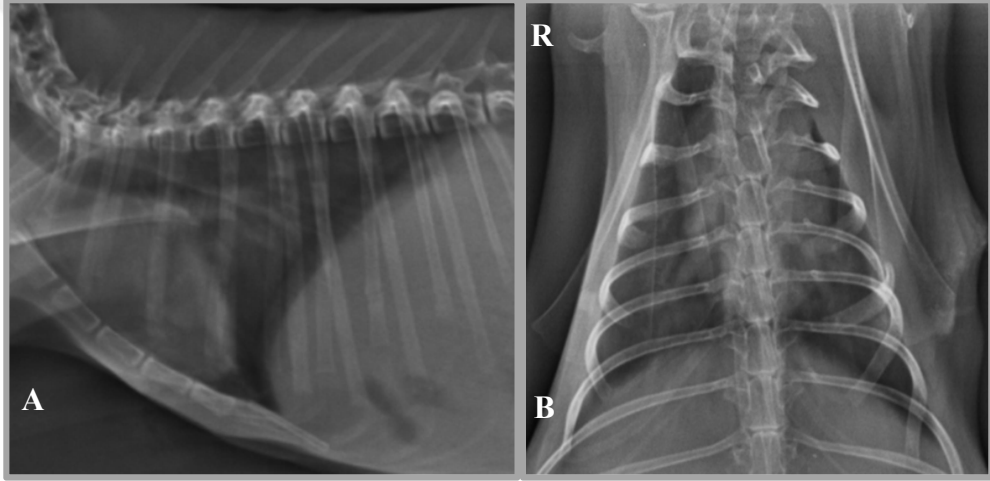
Şekil 9. GRI-4'e ait 0. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Beyaz ok:** pnömotoraks, **sarı ok:** subkutan amfizem, **kırmızı ok:** akciğer deseni, **mavi ok:** pnömomediastinum, **yeşil ok:** plevral efüzyon, **R:** sağ.



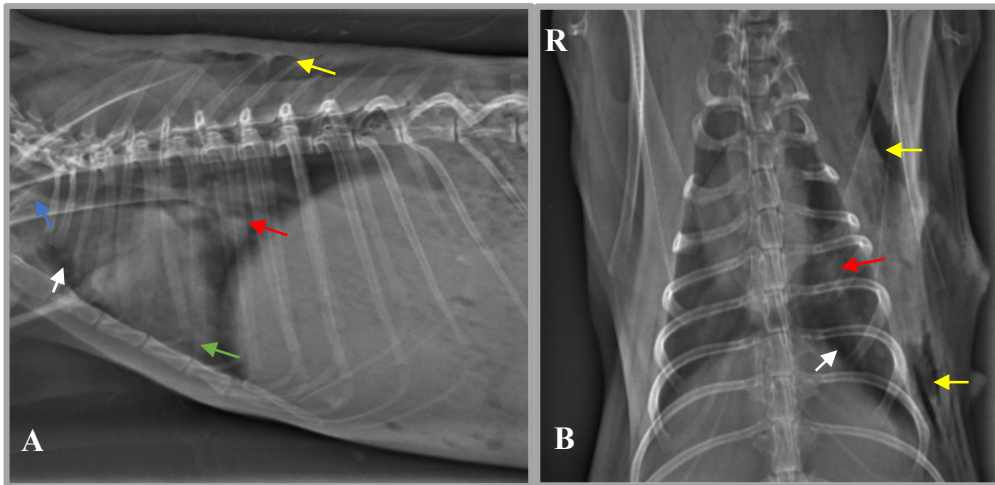
Şekil 10. GRI-4'e ait 1. güne alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Beyaz ok:** pnömotoraks, **sarı ok:** subkutan amfizem, **kırmızı ok:** akciğer deseni, **R:** sağ.



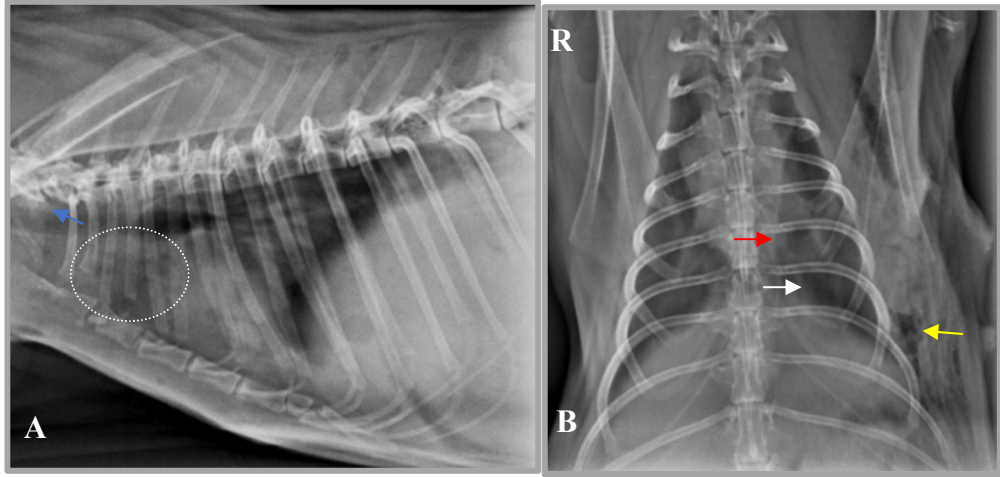
Şekil 11. GRI-4'e ait 7. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Kırmızı ok:** akciğer deseni, **R:** sağ.



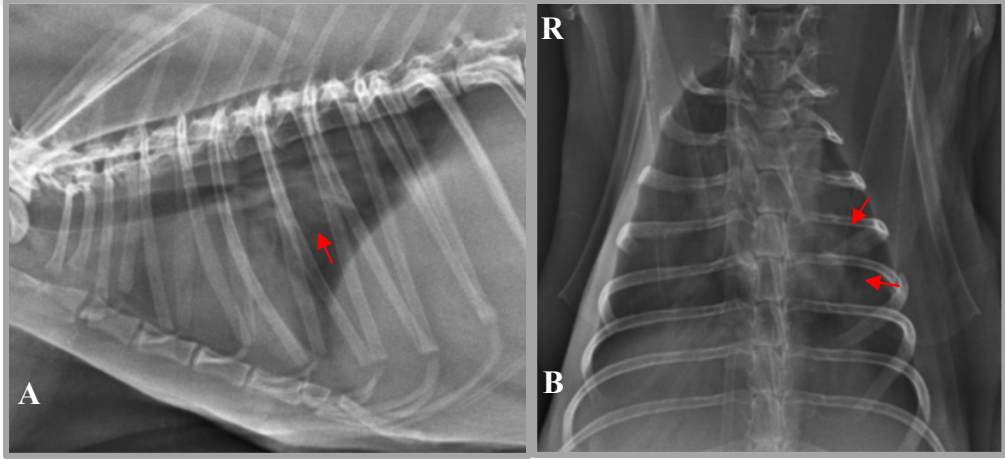
Şekil 12. GRI-4'e ait 15. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler.



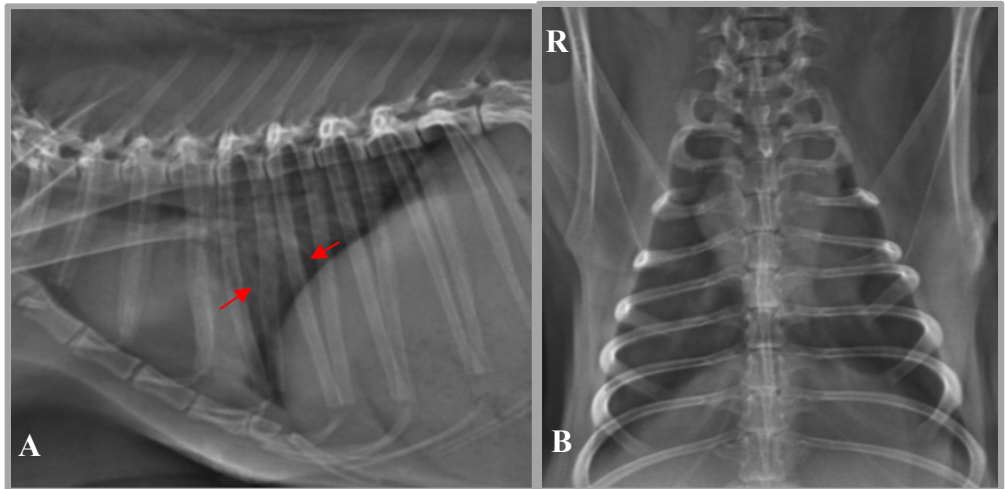
Şekil 13. GRI-1'e ait 0. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Beyaz ok:** pnömotoraks, **sarı ok:** subkutan amfizem, **kırmızı ok:** akciğer deseni, **mavi ok:** pnömomediastinum, **yeşil ok:** plevral efüzyon, **R:** sağ.



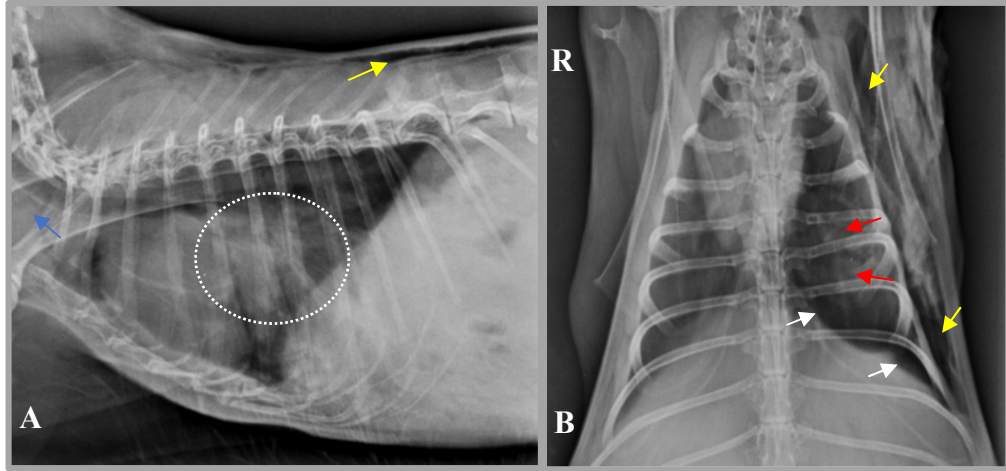
Şekil 14. GRİI-1'e ait 1. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Çember:** Akciğer ödemi, **beyaz ok:** pnömotoraks, **sarı ok:** subkutan amfizem, **kırmızı ok:** akciğer deseni, **mavi ok:** pnömomediastinum, **R:** sağ.



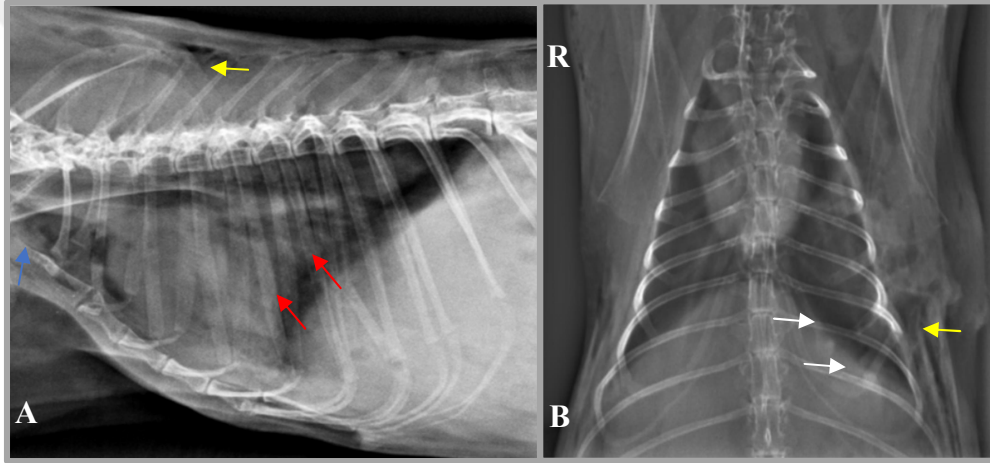
Şekil 15. GRİI-1'e ait 7. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Kırmızı ok:** akciğer deseni, **R:** sağ.



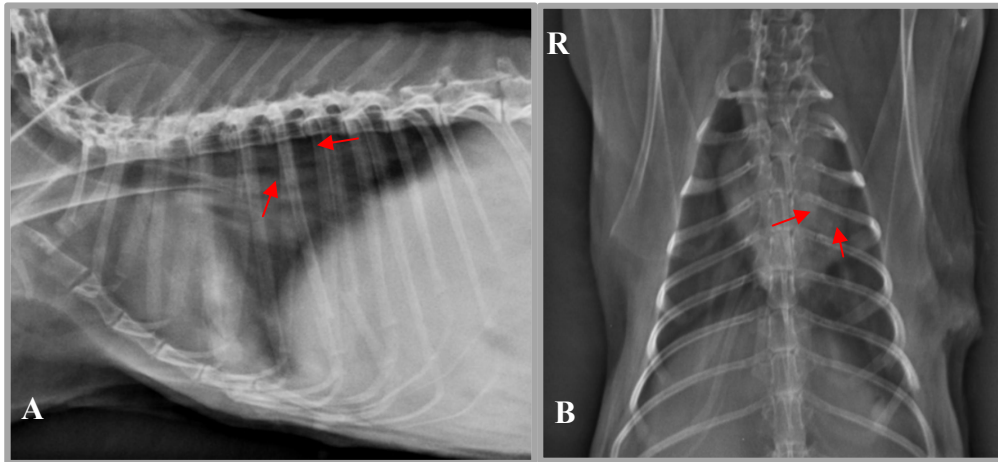
Şekil 16. GRİI-1'e ait 15. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Kırmızı ok:** akciğer deseni, **R:** sağ.



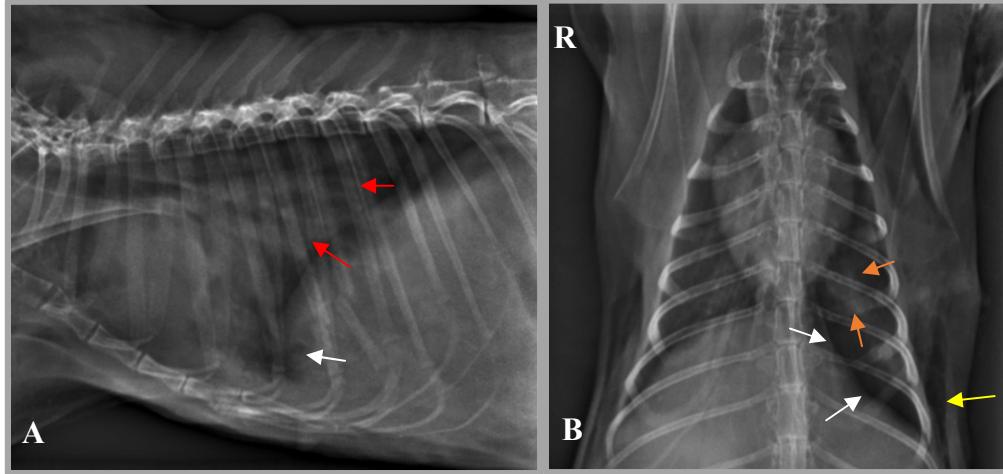
Şekil 17. GRIII-7'ye ait 0. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografler. **Çember:** Akciğer ödemi, **beyaz ok:** pnömotoraks, **sarı ok:** subkutan amfizem, **kırmızı ok:** akciğer deseni, **mavi ok:** pnömomediastinum, **R:** sağ.



Şekil 18. GRIII-7'ye ait 1. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografler. **Beyaz ok:** pnömotoraks, **sarı ok:** subkutan amfizem, **kırmızı ok:** akciğer deseni, **mavi ok:** pnömomediastinum, **R:** sağ.



Şekil 19. GRIII-7'ye ait 7. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografler. **Kırmızı ok:** akciğer deseni, **R:** sağ.



Şekil 20. GRIII-7'ye ait 15. günde alınan lateral (A) ve VD (B) pozisyonlardaki radyografiler. **Beyaz ok:** pnömotoraks, **sarı ok:** subkutan amfizem, **kırmızı ok:** akciğer deseni, **turuncu ok:** ateletazi, **R:** sağ.

4.6. İntraoperatif Bulgular

Gruplara ait ameliyat süresi, ışın uygulama süresi, uygulanan enerji, rezeksiyon boyutu ve hava kaçağı skorları ayrı ayrı değerlendirilip ortalama ve standart sapma değerleriyle Tablo 16, 17 ve 18'de verilmektedir.

Kanama GRI'de 2 olguda hafif, GRII'de 3 olguda hafif ve 2 olguda orta derecede ve GRIII'te 2 olguda hafif, 3 olguda orta ve 2 olguda şiddetli derecedeydi.

Macchiarini hava kaçağı skoru; GRI'de olgu 1 ve 2'de 2. derece, olgu 3, 4, 5, 6 ve 7'de 0 derecedeydi. GRII'de olgu 2, 3, 6 ve 7'de 0 ve olgu 4'te 2. derece, olgu 1 ve 5'te de 1. derecedeydi. GRIII'te olgu 2, 4 ve 7'de 3. derece, olgu 1 ve 6'da 1. derece ve olgu 3 ve 5'te de 2. derecedeydi.

Tablo 16. GRI'e ait intraoperatif veriler.

GRI (15W)	Ameliyat süresi (dk)	Işın uygulama süresi (sn)	Enerji (joule)	Kama rezeksiyon (cm)	Kanama	Hava Kaçağı Skoru
GRI-1	25	70	1050	2	+	2
GRI-2	18	66	990	1,5	+	2
GRI-3	16	45	675	2	-	0
GRI-4	20	64	960	1,5	-	0
GRI-5	24	60	900	1,9	-	0
GRI-6	20	66	990	2	-	0
GRI-7	18	50	750	1,5	-	0
Ort±Std.dev.	23,28±8,4	60,14±9,24	902,14±138,68	1,77±0,25		0,57±0,9

Ort: Ortalama, **Std.dev.:** Standart sapma, -, +: hafif, ++: orta, +++: şiddetli.

Tablo 17. GRII'ye ait intraoperatif veriler.

GRII (10W)	Ameliyat süresi (dk)	Işın uygulama süresi (sn)	Enerji (joule)	Kama rezeksiyon (cm)	Kanama	Hava Kaçağı Skoru
GRII-1	25	60	600	2	+	1
GRII-2	30	50	500	1,5	+	0
GRII-3	30	56	560	2	+	0
GRII-4	43	65	650	1,6	++	2
GRII-5	30	68	680	1,8	+	1
GRII-6	25	32	320	1,9	-	0
GRII-7	24	53	530	1,8	-	0
Ort±Std.dev.	26,57±9	54,85±11,92	548,57±119,22	1,8±0,19		0,57±0,7

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma, -: yok, +: hafif, ++: orta, +++: şiddetli.

Tablo 18. GRIII'e ait intraoperatif veriler.

GRIII (5W)	Ameliyat süresi (dk)	Işın uygulama süresi (sn)	Enerji (joule)	Kama rezeksiyon (cm)	Kanama	Hava Kaçağı Skoru
GRIII-1	35	97	485	1,5	+	1
GRIII-2	32	156	780	1,9	++	3
GRIII-3	40	118	590	1,8	++	2
GRIII-4	35	158	990	2	+++	3
GRIII-5	30	112	560	1,5	++	2
GRIII-6	32	100	500	2	+	1
GRIII-7	30	150	750	1,5	+++	3
Ort±Std.dev.	33,4±3,5	127,28±26,6	665±183,6	1,74±0,23		2,14±0,8

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma, -: yok, +: hafif, ++: orta, +++: şiddetli.

İstatistiksel olarak,

Grup içi intraoperatif verilerin değerlendirilmesinde;

GRII ve GRIII'te veriler arasında korelasyon mevcutken, GRI'de veriler arasında herhangi bir korelasyon bulunmadı. GRII için, hava kaçağı skoru ile ışın uygulama süresi ve enerji arasında pozitif yönlü şiddetli bir korelasyon vardı ($p=0,019$, $r=0,837$; $p=0,019$, $r=0,837$). GRIII için, hava kaçağı skoru ile ışın uygulama süresi ve enerji arasında ($p<0,001$, $r=0,971$; $p=0,009$, $r=0,878$), ışın uygulama süresi ile enerji arasında ($p=0,002$, $r=0,935$) pozitif yönlü ve şiddetli derecede bir korelasyon saptandı.

Gruplar arasında yapılan intraoperatif verilerin değerlendirilmesinde;

Ameliyat süreleri için GRI ile GRII ve GRIII arasında ($p=0,004$, $p=0,002$), ışın uygulama süresi için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında ($p<0,001$,

$p<0,001$), enerji için GRI ile GRII ve GRIII arasında ($p=0,001$, $p=0,022$), hava kaçağı skoru için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında ($p=0,014$, $p=0,010$) anlamlı farklılık belirlendi.

4.7. Histopatolojik Bulgular

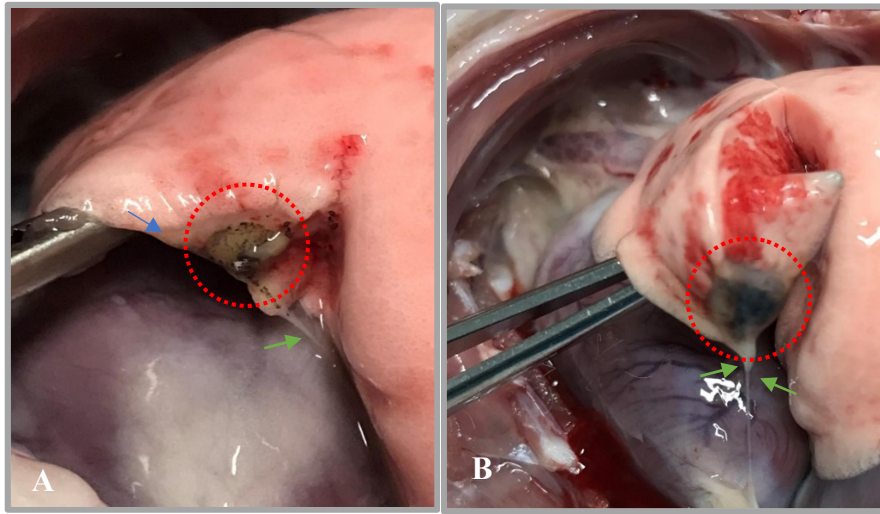
4.7.1. Makroskopik Bulgular

Makroskopik olarak lazer eksizyonunun olduğu alanda renk değişikliği (karbonize alan), adezyon-fibrozis ve atelektazi varlığı görüldü.

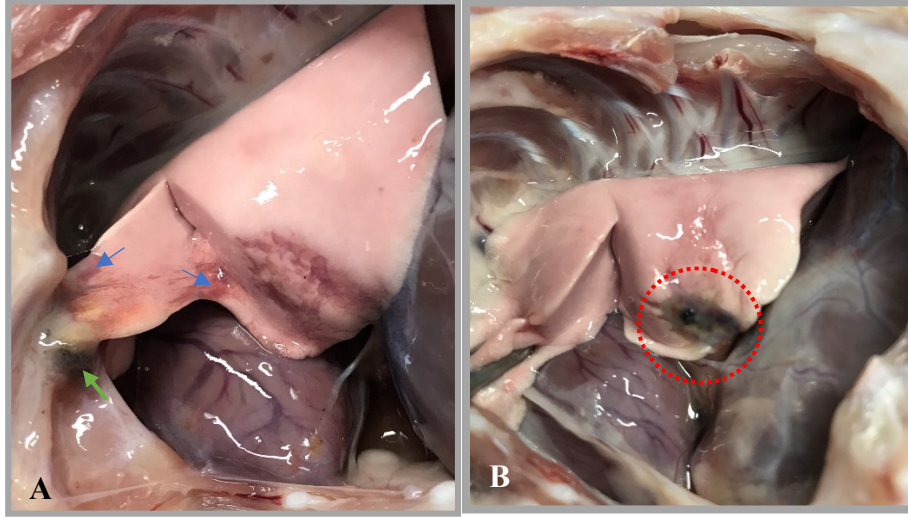
GRI'de; doku renk değişikliği 3 olguda hafif ve 4 olguda orta derecedeydi. Adezyon ise kostalara doğru 1 olguda orta derece, diyaframa doğru 1 olguda hafif derecede ve perikarda doğru 3 olguda hafif derecede belirlendi. Atelektazi, 2 olguda hafif derecedeydi (Şekil 21A).

GRII'de; doku renk değişikliği 2 olguda hafif, 4 olguda orta ve 1 olguda şiddetli derecedeydi. Adezyon ise kostalara doğru 4 olguda orta derecede, diyaframa doğru 1 olguda hafif ve 3 olguda orta derecede ve perikarda doğru 3 olguda hafif ve 2 olguda orta derecedeydi. Atelektazi, 2 olguda hafif derecede gözlemlendi (Şekil 21B).

GRIII'te; doku renk değişikliği 3 olguda orta ve 4 olguda şiddetli derecedeydi. Adezyon ise kostalara doğru 1 olguda hafif ve 2 olguda orta derecede, diyaframa doğru 1 olguda hafif ve 2 olguda orta derecede ve perikarda doğru 1 olguda hafif ve 1 olguda orta derecede saptandı. Atelektazi, 3 olguda hafif ve 2 olguda orta derecedeydi (Şekil 22).



Şekil 21. GRI-2 (A) ve GRII-7'ye (B) ait postoperatif 15. günde sakrifikasyon sonrası akciğerin görünümü. **Kırmızı çember:** doku renk değişikliği, **mavi ok:** atelektazi, **yeşil ok:** perikard adezyonu.



Şekil 22. A. GRIII-2'e ait postoperatif 15. gündeki sakrifikasyon sonrası akciğerin postmortem görünümü. **Mavi ok:** atelektazi, **yeşil ok:** kosta'lara adezyon. **B.** GRIII-6'ya ait postoperatif 15. gündeki lazer doku eksizyon alanı. **Kırmızı çember:** doku renk değişikliği.

4.7.2. Mikroskopik Bulgular

Grupların intraoperatif döneme ait karbonizasyon ve koagülasyon zonu, alveoler ödem, amfizem ve atelektazi bulguları ile postoperatif döneme ait iyileşme doku miktarı, fibroplazi miktarı, yangısal değişimler, alveoler rejenerasyon, hemoraji, amfizem ve atelektazi bulguları Tablo 19, 20, 21, 22, 23 ve 24'te verilmektedir. İntraoperatif döneme ait görünümler Şekil 23, 24 ve 25'te, postoperatif döneme ait görünümler de Şekil 26, 27, 28 ve 29'da verilmektedir.

İntraoperatif olarak;

GRI'de, 2 olguda fokal, 1 olguda yaygın alveoler ödem, 5 olguda fokal ve 1 olguda yaygın alveoler amfizem ve 4 olguda fokal ve 2 olguda yaygın alveoler atelektazi gözlemlendi.

GRII'de, 4 olguda fokal alveoler ödem, 4 olguda fokal ve 3 olguda yaygın alveoler amfizem, 2 olguda fokal ve 5 olguda yaygın alveoler atelektazi belirlendi.

GRIII'te, 3 olguda fokal ve 1 olguda yaygın alveoler ödem, 5 olguda fokal ve 1 olguda yaygın alveoler amfizem, 4 olguda fokal ve 1 olguda yaygın alveoler atelektazi saptandı.

Tablo 19. GRI'e ait intraoperatif dönem histopatolojik bulgular.

GRI	Karbonizasyon zonu (mm)	Koagulasyon zonu (mm)	Alveoler ödem	Alveoler amfizem	Alveoler atelektazi
GRI-1	0,05	0,25	Yaygın	Fokal	Yaygın
GRI-2	0,03	0,25	Fokal	Fokal	Fokal
GRI-3	0,05	0,30	Fokal	Fokal	-
GRI-4	0,04	0,35	-	Fokal	Fokal
GRI-5	0,05	0,25	-	Fokal	Fokal
GRI-6	0,05	0,30	-	Yaygın	Fokal
GRI-7	0,03	0,28	-	-	Yaygın
Ort±Std.dev.	0,04±0,009	0,29±0,05			

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

Tablo 20. GRII'ye ait intraoperatif dönem histopatolojik bulgular.

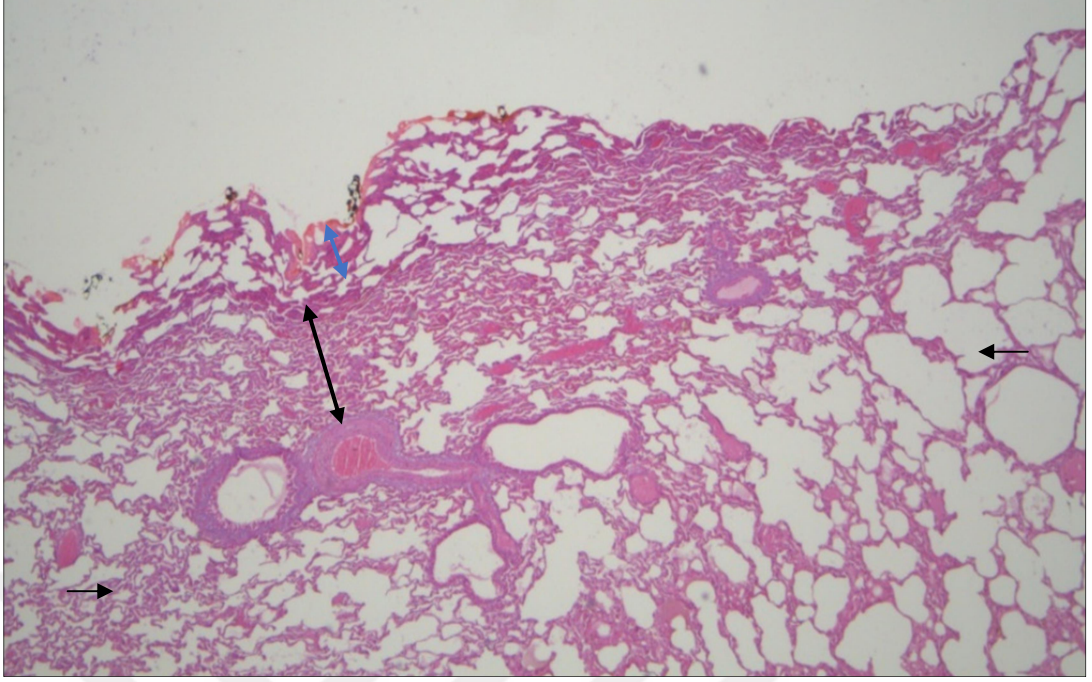
GRII	Karbonizasyon zonu (mm)	Koagulasyon zonu (mm)	Alveoler ödem	Alveoler amfizem	Alveoler atelektazi
GRII-1	0,04	0,30	Fokal	Yaygın	Fokal
GRII-2	0,04	0,42	Fokal	Fokal	Yaygın
GRII-3	0,04	0,35	Fokal	Yaygın	Yaygın
GRII-4	0,05	0,40	Fokal	Yaygın	Yaygın
GRII-5	0,03	0,36	-	Fokal	Yaygın
GRII-6	0,05	0,30	-	Fokal	Yaygın
GRII-7	0,04	0,45	-	Fokal	Fokal
Ort±Std.dev.	0,04±0,006	0,36±0,05			

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.

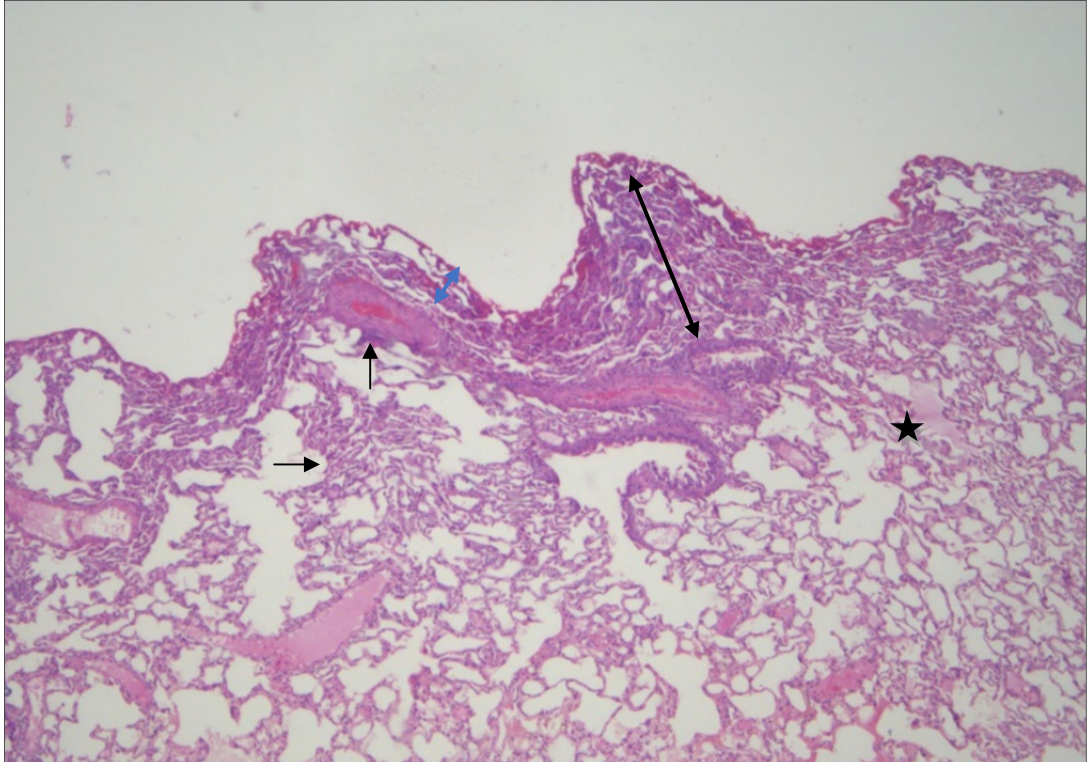
Tablo 21. GRIII'e ait intraoperatif dönem histopatolojik bulgular.

GRIII	Karbonizasyon zonu (mm)	Koagulasyon zonu(mm)	Alveoler ödem	Alveoler amfizem	Alveoler atelektazi
GRIII-1	0,05	0,25	-	Yaygın	Fokal
GRIII-2	0,06	0,30	-	Fokal	Yaygın
GRIII-3	0,10	0,33	Fokal	Fokal	Fokal
GRIII-4	0,08	0,35	Yaygın	Fokal	Fokal
GRIII-5	0,05	0,30	Fokal	Fokal	Fokal
GRIII-6	0,06	0,40	-	Fokal	-
GRIII-7	0,05	0,22	Fokal	-	-
Ort±Std.dev.	0,06±0,01	0,3±0,06			

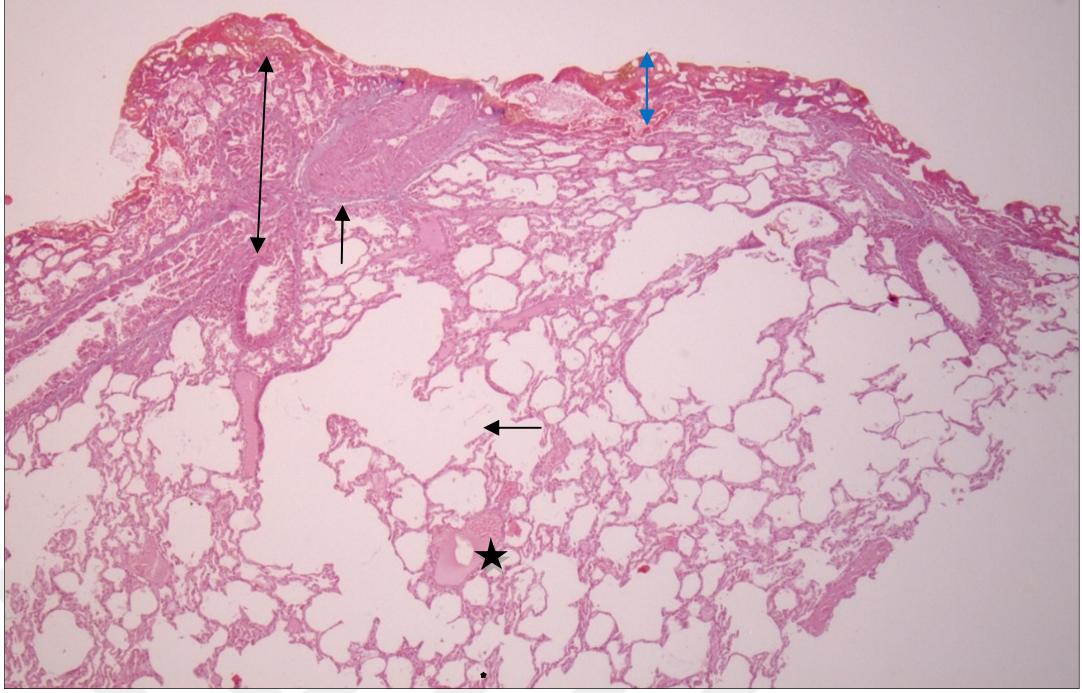
Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma.



Şekil 23. GRI-4' e ait intraoperatif dönem akciğer dokusunun mikroskopik görünümü (H&E, X40). **Mavi ok:** karbonizasyon zonu, **çift taraflı ok:** koagulasyon zonu, **sağ ok:** koagulasyon zonuna komşu atelektazik alveoller, **sol ok:** alveoler amfizem.



Şekil 24. GRII-1'e ait intraoperatif dönem eksize edilen akciğer dokusunun mikroskopik görünümü. (H&E, X40). **Mavi ok:** karbonizasyon zonu, **çift taraflı ok:** koagulasyon zonu, **yukarı ok:** koagule damar, **sağ ok:** atelektik alveoller, **yıldız:** alveoler ödem.



Şekil 25. GRIII-5'e ait intraoperatif dönem akciğer dokusunun mikroskopik görünümü (H&E, X40). **Mavi ok:** karbonizasyon zonu, **siyah ok:** koagulasyon zonu, **yukarı ok:** koagule damar, **sol ok:** alveoler amfizem, **yıldız:** alveoler ödem.

İstatistiksel olarak,

Grup içi intraoperatif dönem histopatolojik bulguları ele alındığında; GRI, GRII ve GRIII için karbonizasyon ve koagulasyon zonu ölçümleri arasında anlamlı fark saptandı ($p=0,001$, $p<0,001$, $p=0,002$).

Gruplar arası değerlendirmede ise karbonizasyon zonu için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında ($p=0,011$, $p=0,004$), koagulasyon zonu için GRI ile GRII arasında ($p=0,019$) anlamlı farklılık vardı.

Postoperatif olarak;

GRI'de, 4 olguda orta ve 3 olguda şiddetli derecede yangısal değişimlerin olduğu, 2 olguda fokal, 1 olguda multifokal ve 4 olguda ise yaygın alveoler hemoraji, 2 olguda fokal ve 1 olguda da yaygın alveoler amfizem varlığı saptandı.

GRII'de, 4 olguda orta ve 3 olguda şiddetli derecede yangısal değişimler, 1 olguda fokal, 2 olguda multifokal ve 4 olguda da yaygın alveoler hemoraji görüldü.

GRIII'te, 4 olguda orta ve 3 olguda şiddetli derecede yangısal değişimler, 3 olguda yaygın ve 1 olguda fokal alveoler hemoraji, 1 olguda yaygın ve 1 olguda fokal alveoler amfizem ve 4 olguda da fokal alveoler atelektazi belirlendi.

Tablo 22. GRI'e ait postoperatif 15. gün histopatolojik bulgular.

GRI	İyileşme dokusu miktarı (cm)		Fibroplazi miktarı (mm)	Yangısal değişimler	Alveoler rejenerasyon (mm)	Alveoler hemoraji	Alveoler amfizem	Alveoler atelektazi
	G	D						
GRI-1	0,6	0,2	0,75	Şiddetli	0,55	Fokal	-	-
GRI-2	0,5	0,3	0,85	Orta	0,60	Yaygın	-	-
GRI-3	0,4	0,4	0,53	Şiddetli	0,70	Yaygın	Yaygın	-
GRI-4	0,6	0,3	0,70	Orta	0,40	Fokal	Fokal	-
GRI-5	0,4	0,2	0,43	Orta	0,73	Yaygın	-	-
GRI-6	0,4	0,4	0,65	Orta	0,60	Multifokal	-	-
GRI-7	0,5	0,3	0,55	Şiddetli	0,80	Yaygın	Fokal	-
Ort±Std.dev.	0,48±0,08	0,3±0,08	0,63±0,14		0,62±0,13			

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma, G: Genişlik, D: Derinlik (İyileşmenin en geniş ve en derin yeri baz alınmıştır).

Tablo 23. GRII'ye ait postoperatif 15. gün histopatolojik bulgular.

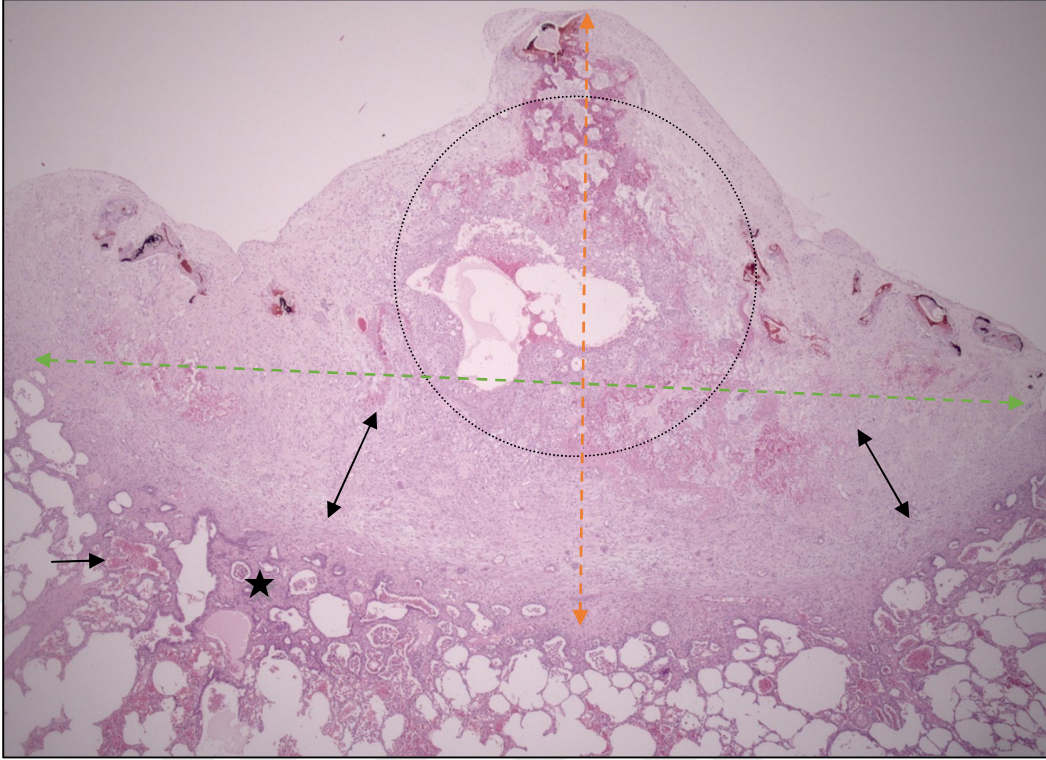
GRII	İyileşme dokusu miktarı (cm)		Fibroplazi miktarı (mm)	Yangısal değişimler	Alveoler rejenerasyon (mm)	Alveoler hemoraji	Alveoler amfizem	Alveoler atelektazi
	G	D						
GRII-1	0,1	0,7	0,85	Şiddetli	0,50	Yaygın	-	-
GRII-2	1	0,9	0,50	Şiddetli	0,40	Fokal	-	-
GRII-3	0,2	0,3	0,50	Orta	0,40	Yaygın	-	-
GRII-4	0,5	0,2	0,55	Şiddetli	0,40	Multifokal	-	-
GRII-5	0,35	0,2	0,55	Orta	0,50	Multifokal	-	-
GRII-6	0,3	0,2	0,36	Orta	0,55	Yaygın	-	-
GRII-7	0,5	0,2	0,40	Orta	0,60	Yaygın	-	-
Ort±Std.dev.	0,42±0,3	0,38±0,3	0,53±0,15		0,47±0,08			

Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma, G: Genişlik, D: Derinlik (İyileşmenin en geniş ve en derin yeri baz alınmıştır).

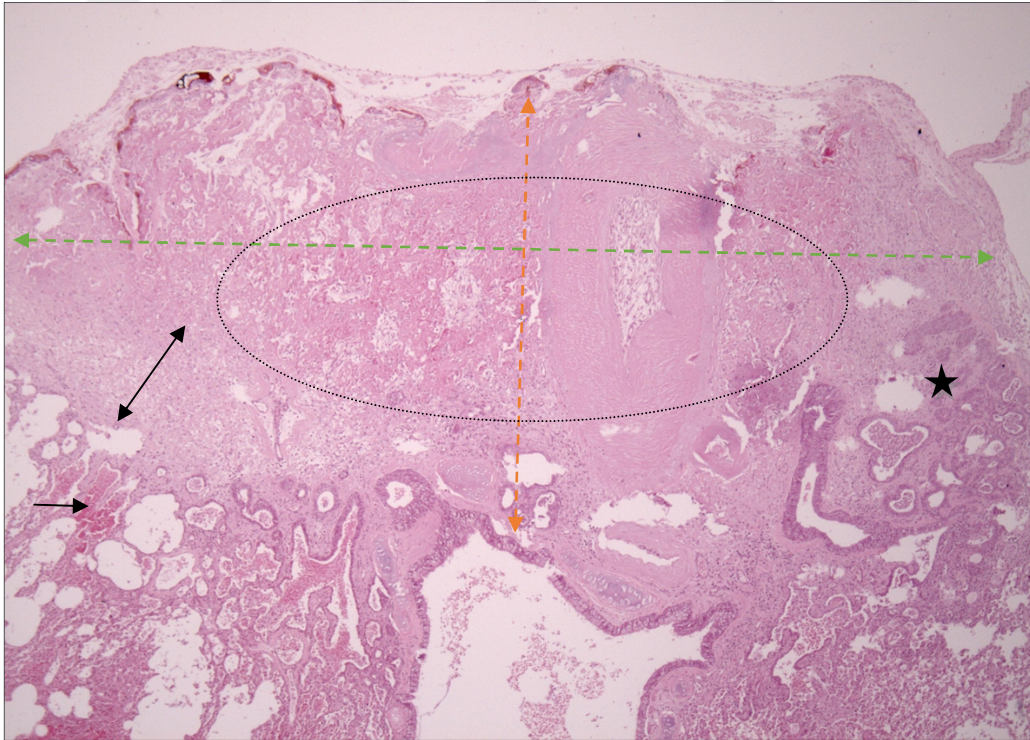
Tablo 24. GRIII'e ait postoperatif 15. gün histopatolojik bulgular.

GRIII	İyileşme dokusu miktarı (cm)		Fibroplazi miktarı (mm)	Yangısal değişimler	Alveoler rejenerasyon (mm)	Alveoler hemoraji	Alveoler amfizem	Alveoler atelektazi
	G	D						
GRIII-1	0,4	0,16	0,80	Şiddetli	0,50	Yaygın	Yaygın	fokal
GRIII-2	0,9	0,3	1	Orta	2	-	Fokal	fokal
GRIII-3	0,8	0,3	1,25	Orta	0,55	Yaygın	-	-
GRIII-4	0,4	0,15	1,15	Orta	0,60	Yaygın	-	-
GRIII-5	0,7	0,2	1,15	Şiddetli	0,35	Fokal	-	fokal
GRIII-6	0,4	0,3	1,40	Şiddetli	0,30	-	-	fokal
GRIII-7	0,6	0,4	0,40	Orta	0,25	-	-	-
Ort±Std.dev.	0,6±0,2	0,25±0,09	1,02±0,33		0,65±0,6			

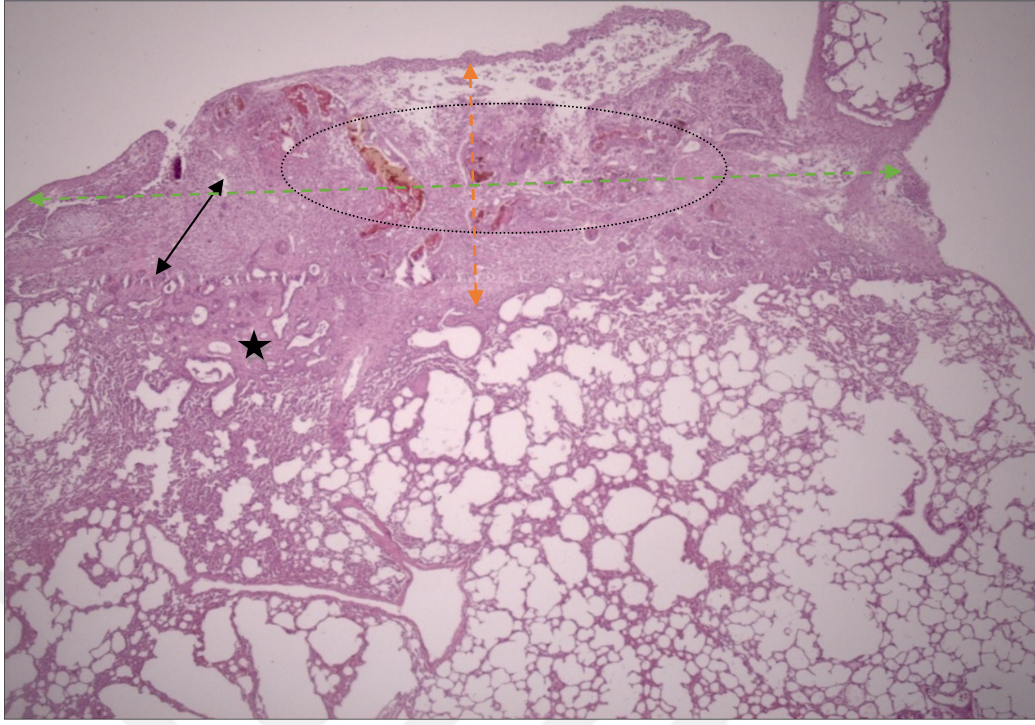
Ort: Ortalama, Std.dev.: Standart sapma, G: Genişlik, D: Derinlik (İyileşmenin en geniş ve en derin yeri baz alınmıştır).



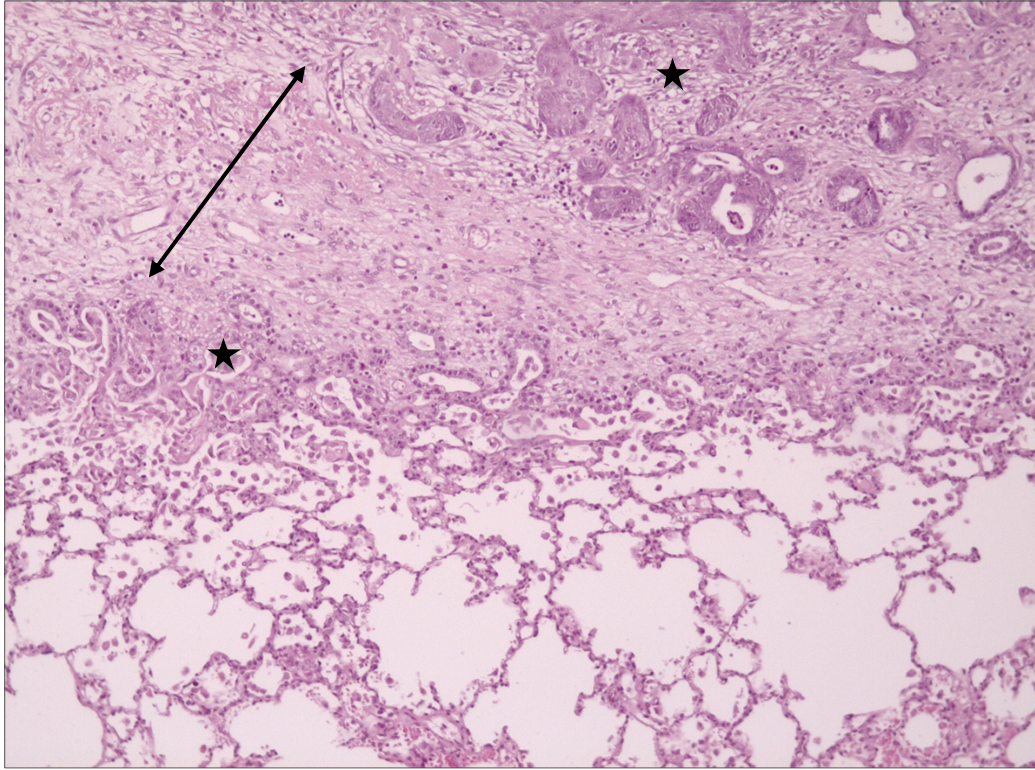
Şekil 26. GRI-2'e ait postoperatif 15. gün sakrifikasyon sonrası akciğer dokusunun mikroskopik görünümü (H&E, X25). Yangısal hücreler, yeni kan damarı oluşumları (**çember**), iyileşme doku miktarı genişliği (**yeşil ok**) ve derinlik (**turuncu ok**), fibroplazi miktarı (**çift yönlü ok**), Alveolar rejenerasyon (**yıldız**), Alveolar hemoraji (**sağ ok**).



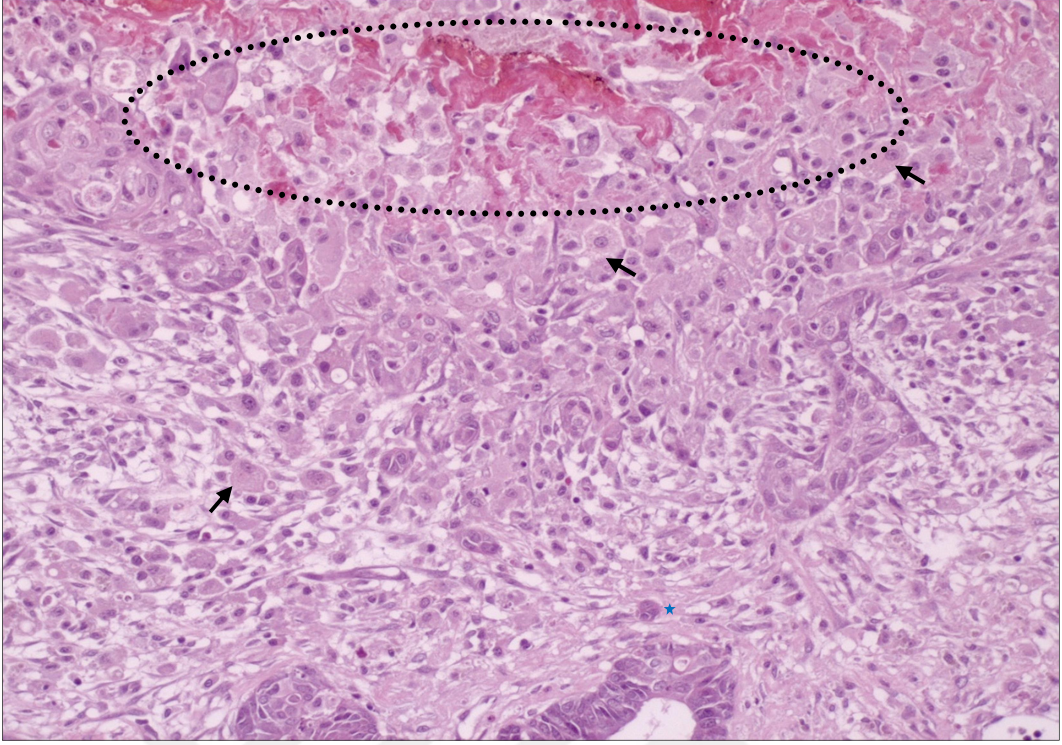
Şekil 27. GRII-6'ya ait postoperatif 15. gün sakrifikasyon sonrası akciğer dokusunun mikroskopik görünümü (H&E, X40). Yangısal hücreler, yeni kan damarı oluşumları (**elips**), iyileşme doku miktarı genişliği (**yeşil ok**) ve derinliği (**turuncu ok**), fibroplazi miktarı (**çift yönlü ok**), alveoler rejenerasyon (**yıldız**), alveoler hemoraji (**sağ ok**).



Şekil 28. GRIII-1'e ait postoperatif 15. gün sakrifikasyon sonrası akciğer dokusunun mikroskopik görünümü (H&E, X25). Yangısal hücreler, yeni kan damarı oluşumları (**elips**), iyileşme doku miktarı genişliği (**yeşil ok**) ve derinliği (**turuncu ok**), fibroplazi miktarı (**çift yönlü ok**), alveoler rejenerasyon (**yıldız**).



Şekil 29. GRIII-4'e ait postoperatif 15. gün sakrifikasyon sonrası akciğer dokusunun mikroskopik görünümü (H&E, X100). **Çift taraflı ok:** fibroplazi, **yıldızlar:** gevşek bağ doku içerisindeki rejener olmuş alveoller.



Şekil 30. GRIII-3'e ait postoperatif 15. gün sakrifikasyon sonrası akciğer dokusunun mikroskopik görünümü (H&E, X200). **Oklar:** histiyositler (yangı hücreleri), **yıldız:** gevşek bağ doku içerisindeki rejenera alveoller, **elips:** yangısal debris.

İstatistiksel olarak,

Postoperatif 15. gün için yapılan gruplar arası değerlendirmede, fibroplazi miktarı için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII ($p=0,015$, $p=0,002$) arasında anlamlı fark belirlendi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Lazerin akciğer cerrahisinde kullanımı sonrası karşılaşılan mortalite ve morbidite azdır (Janeczek ve ark., 2021). Bunun nedeni, lazerin fototermal özelliği sayesinde perioperatif dönemde karşılaşılan kanama ve hava kaçağı riskinin standart cerrahi prosedürlere göre nispeten az olmasıdır (Janeczek ve ark., 2021; Rolle, & Kozlowski, 2005; Stefani ve ark., 2020). Lazer, ensizyon esnasında aynı anda koagülasyon yaparak cerrahi işlemi kolaylaştırır (Kirschbaum ve ark., 2016). İnsanlarda akciğer cerrahisinde metastazik tümörlerin çıkarılmasında lazer yaygın olarak kullanılır. Klasik tekniklere kıyasla lazer ile yapılan rezeksiyonda daha az parankimal kayıp oluşur. Lezyonlar geniş olarak uzaklaştırılırken anatomik oluşumlara en az hasar verilir, akciğer dokusu daha hızlı reekspanse olur ve postoperatif komplikasyon riski azaldığı için hospitalizasyon süresi kısalmıştır (Rolle, & Kozlowski, 2005; Venuta ve ark., 2010). Farklı operasyon teknikleri kullanılarak yapılan bir çalışmada, diğer yöntemlere göre lazer ile yapılan rezeksiyon postoperatif hava kaçağı riski oluşturmaması yönünden üstün bir teknik olarak değerlendirilmiştir (Mineo, Ambrogi, Tonini, & Nofroni, 2001). Veteriner cerrahi pratiğinde, akciğer dokusunda lazer cerrahisi yapıldığına dair bir çalışma henüz belirtilmediği için, tavşan modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, farklı güç yoğunluklarındaki diyod lazerin akciğer rezeksiyonundaki etkinliğinin klinik, laboratuvar (hematolojik, biyobelirteç, kan gazı ve histopatolojik) ve radyolojik bulgular ile karşılaştırmalı araştırılması ve lazerin erken postoperatif dönemdeki lokal ve sistemik bulgularının rapor edilmesi düşünüldü.

Loba rahat ulaşma imkanı sağladığı için genellikle lazer ile yapılan akciğer cerrahi prosedürlerinde torakotomi yaklaşımı tercih edilir (Janeczek ve ark., 2021). Toraks cerrahisi öncesinde gelişebilecek problemleri önleme açısından hastanın klinik durumu ile ventilasyon ve perfüzyon kontrolleri yapılmalıdır (Almeida ve ark., 2017). Lazerin etkinliğinde dalga boyunun perfüzyonla ilişkisi etkin koagülasyon sağlanması açısından önemli olduğu için vital parametreler (pulsasyon, respirasyon,

kapillar dolum süresi, mukozal membran rengi ve vücut sıcaklığı) takip edilmelidir (Kirschbaum ve ark., 2021; Orton, & Monnet, 2018). Anestezik ilaçlar, torakotomi sonrası plevral boşlukta hava ya da sıvı bulunması, sıkı toraks duvarı bandajı ve oluşan somatik ağrı ventilasyonu deprese edebilir. Ağrılı bir prosedür olarak belirtilen toraks cerrahisi, postoperatif olarak akciğer fonksiyonu ve respirasyon mekanizmasında değişikliklere neden olur (Almeida ve ark., 2017; Pavlidou ve ark., 2009). Bu değişiklikler çoğunlukla solunum derinliği ve frekansında artış şeklinde hatta hipoksemi ve respiratorik asidozis ile sonuçlanır (Pavlidou ve ark., 2009). Sunulan çalışmada, ameliyat öncesi ve sonrası vital parametreler (pulzasyon, respirasyon, mukozal membran rengi, kapillar dolum süresi, vücut sıcaklığı) takip edildi. Gruplardaki tavşanların klinik muayene bulgularında bireysel farklılıklar olsa da özellikle postoperatif süreçte respirasyon sayıları 0. günde GRI ve GRII’de, 1. günde GRI ve GRIII’te, 7. günde GRI ve GRII’de ve 15. günde sadece GRI’de referans aralığı üzerindedir. Vücut sıcaklığı ise 0. günde tüm gruplarda referans aralığı altında ve 1. günde GRII ve GRIII’te referans aralığı üstündeydi. Zamanlara göre yapılan istatistiksel analizde, 0. günde respirasyon parametresinde GRII ile GRI ve GRIII arasında anlamlı farklılık ($p=0,009$, $p<0,001$) vardı.

Akciğer cerrahisi sonrası hematolojik ve kan gazı parametrelerinde karşılaşılan değişiklikler ele alınarak pre- ve postoperatif dönemlerde hastaların fizyolojik durumları değerlendirilir (Saleem ve ark., 2019). Hematolojik parametrelerden nötrofil ve monosit parametreleri sistemik yangısal yanıtın bir göstergesiyken, lenfosit değeri postoperatif immun cevabın oluşumu açısından bilgi verir. Yapılan bir çalışmada, akciğerde kama (wedge) rezeksiyonu sonrası nötrofil, monosit ve lenfosit sayısının arttığı bildirilir (Lu ve ark., 2015). Benzer şekilde, sunulan çalışmada postoperatif dönemde monosit parametresinin ortalama değeri, sadece GRII’de 7 ve 15. günlerde referans aralığı üzerindedir. Gruplar arası zamanlara göre yapılan analizde monosit değerinin 7. günde GRI ile GRII ve GRII ile GRIII ($p<0,001$, $p=0,001$) arasında, 15. günde GRI ile GRII ($p=0,004$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığı belirlendi. Nötrofil’in gruplardaki ortalama değerleri referans aralığındayken, lenfosit’in gruplardaki ortalama değerleri GRII’de 1 ve 7, GRIII’te preoperatif, 1 ve 15. günlerde referans değeri altındaydı. Ancak istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu.

Akciğerlerde gaz alışverişi, alveol epitelyumu ile pulmoner mikrovasküler endotelium arasında etkin bir ilişki ile sağlanır. Bu epitel bariyerlerden biri yaralandığında, intersitisyel ve alveoler ödem gelişir. İn-vitro ve in-vivo deneysel çalışmalara göre epitel bariyerlerin disfonksiyonu akut akciğer hasarının temel göstergesidir (Capelozzi ve ark., 2017; Cross, & Matthay, 2011). Lazerin akciğer rezeksiyonu sırasında oluşturduğu termal etki ile lokal bir akut akciğer hasarı oluşur (Venuta ve ark., 2010). Akut akciğer hasarında, hücrel aktivasyon veya hücre hasarının yanında inflamatuvar, pıhtılaşma ve fibrinolitik sistemlerin devam eden akut aktivasyonunu ölçmek için biyobelirteçler kullanılır. Bu biyobelirteçler arasında hasar anında ve erken postoperatif dönemde proinflamatuvar olarak IL-1 β , IL-6 ve IL-8 gibi sitokinler salınırken, iyileşme döneminde VEGF, keratinosit büyüme faktörü ve fibroblast büyüme faktörü gibi çeşitli büyüme faktörlerinde artış görülür (Cross, & Matthay, 2011). Bu literatür bilgileri temelinde, sunulan tez çalışmasında IL-1 β , IL-8 ve VEGF biyobelirteçleri ele alındı ve gruplarda farklı güçlerde uygulanan lazerin oluşturduğu hasarın yangısal proseslere olan etkisi preoperatif ve postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde değerlendirildi. Akut akciğer hasarının erken dönemlerinde biyolojik olarak en aktif sitokinlerden biri, plazmada yükselen ve klinik sonuçların öngörücüsü IL-1 β 'dir. IL-1 β , akciğer fibrozisinin güçlü bir indükleyicisidir (Cross, & Matthay, 2011). Bunun yanında yangı, distal hava yollarında genişleme, mukus metaplazisi ve hava yollarında kalınlaşmanın da indüklenmesinde görev almaktadır (Lappalainen, Whitsett, Wert, Tichelaar, & Bry, 2005). Sunulan çalışmada, IL-1 β değeri GRI ve GRIII'te 15. günde, GRII'de ise 7. günde en yüksek değere sahipti ancak grup içi ve gruplar arası istatistiksel karşılaştırmalarda anlamlı fark tespit edilmedi. Önemli diğer bir biyobelirteç olan IL-8 alveoler makrofajlar tarafından üretilir. Akut akciğer hasarında, fibroblastlar ve epitel hücreler tarafından nötrofil kemotaksik faktör olarak IL-8 üretilir (Kunkel ve ark., 1991). Bununla birlikte, oksidatif stres durumunda IL-8 seviyesi artarken, lokal travma durumlarında yangısal hücrelerin bölgeye toplanmasında IL-8 etkin görev yapar (Qian, Lu, Zhao, & Lu, 2011). Bu tez çalışmasında IL-8'in grup içi yapılan istatistiksel analizlerinde, GRII'de, preoperatif ile 1. gün ($p=0,006$) ve 1 ile 7. gün arasında ($p=0,018$) anlamlı fark saptandı. IL-8'in postoperatif 1. gündeki değeri preoperatif dönem ve postoperatif 7. güne göre daha yüksekti. Gruplar arası yapılan istatistiksel analizlerde

ise, postoperatif 1. günde GRI ile GRIII ($p=0,048$) ve GRII ile GRIII ($p=0,006$) arasında, postoperatif 7. günde ise GRI ve GRIII arasında anlamlı fark belirlendi ($p=0,047$). Akut akciğer hasarının iyileşme periyodunda büyüme faktörleri etkin olarak görev alırlar. Alveoler epitelyumdaki hasarın iyileşmesi tam olarak anlaşılmasada, birçok büyüme faktörünün iyileşmede görev aldığı bildirilir. Akciğerlerdeki endotelial iyileşmede temel olarak VEGF rol almaktadır (Barnett, & Ware, 2011; Cross, & Matthay, 2011). Lazerin termal etkisiyle endotel ve epitelyal hasarın miktarına bağlı olarak kılcal damarlarda koagülasyon indüklenir (Fierolli ve ark., 2016). Bu duruma yanıt olarak alveoler tip II hücreleri ve alveol makrofajları ve daha birçok hücre tarafında VEGF salgınır (Cross, & Matthay, 2011). Sunulan çalışmada, farklı güç modlarında uygulanan lazerin akciğerdeki etkisi farklı zamanlardaki VEGF ölçümleri yapılarak değerlendirildi. GRI ve GRIII'te 15. günde, GRII'de ise 1. günde VEGF değerlerinin diğer günlere göre daha yüksek olduğu saptandı. Grup içi istatistiksel analizlerde, GRIII'te preoperatif ile 15. gün ($p=0,008$) ve 7 ile 15. gün arasında ($p=0,025$) anlamlı fark belirlendi. Gruplar arasında yapılan istatistiksel analizlerde de 15. günde GRI ve GRII arasında anlamlı fark görüldü ($p=0,013$).

Arteriyel kan gazı analizleri asit-baz durumu, ventilasyon ve oksijenizasyon hakkında bilgi sağlar (Eatwell ve ark., 2013). Akciğer cerrahisi öncesi ve sonrası yapılan kan gazı analizleri ile oluşabilecek postoperatif arteriyel hipoksemi ve hiperkapni gibi komplikasyonlar tahmin edilebilir (Cukic, & Lovre, 2012). Bu nedenle sunulan çalışmada, tavşanların kan gazı analizleri preoperatif dönem, postoperatif 1, 7 ve 15. günlerde yapıldı. Kandaki hidrojen iyon konsantrasyonu hakkında bilgi veren pH değeri, asit baz durumunu belirlemede ilk ele alınması gereken parametredir ancak tek başına pH düzeyini incelemek yeterli olmayabilir. Hidrojen iyon konsantrasyonunun seyri belirleyen ekstraselüler sıvı komponentinin primer tamponu olan bikarbonat ile alveoler dakika ventilasyon yolu ile elimine edilen PaCO₂ düzeyinin de birlikte değerlendirilmesi gerekir. Çünkü pH düzeyi normal olsa bile CO₂ ve bikarbonat düzeyinde farklılıklar olabilir. Asidemi durumunda pH<7,4 ve alkalemide ise pH>7,4'tür. Asideminin veya alkalemının hangi tip olduğunu belirlemek için PaCO₂ ve bikarbonat düzeyi ele alınmalıdır (Ardiaca, Bonvehi, & Montesinos, 2013; Rieser, 2013). Sunulan çalışmada sadece

GRI'de postoperatif 1. günde pH'nın düşük ve PaCO₂'nin yüksek olması respiratorik asidozis varlığını düşündürdü. Postoperatif 7. günde GRI'de pH değeri normal iken bikarbonat değeri hafif düşüktü. Bu durum metabolik asidozise eğilimi belirledi. Gruplar arası istatistiksel analizde, sadece postoperatif 15. günde GRI ve GRIII ($p=0,043$) arasında anlamlı fark varken, ortalama değerler referans aralığındaydı. PaCO₂ ve PaO₂ düzeyleri akciğer ventilasyonu hakkında bilgi verir. PaCO₂'deki küçük değişiklikler bile, dakika ventilasyonunda ani değişikliklerini gösterir. Buna karşılık hipoksemi, PaO₂ 50 ile 60 mmHg arasına düşene kadar ventilasyonu uyarır. PaCO₂'deki (hiperkapni) yükselme, hipoventilasyon ile uyumludur ve respiratorik asidoz ile sonuçlanırken, hiperventilasyon düşük PaCO₂ (hipokapni) ile ilişkilidir ve respiratorik alkaloz ile sonuçlanır (Rieser, 2013). Akciğerlerin majör rezeksiyonu öncesi preoperatif olarak PaO₂'nin düşük ve hiperkapninin olması cerrahi sonrası oluşabilecek komplikasyon yönünden önemlidir. Özellikle oksijen yetersizliğinin nedeni akciğer fonksiyon kaybı, pulmoner hastalıkların gelişimi ve pulmoner parankimal kayıp olabilir (Cukic, & Lovre, 2012; Saleem ve ark., 2019). Bu çalışmada, lazer ile yapılan kama (wedge) rezeksiyon öncesi preoperatif dönemde PaO₂ ve PaCO₂'nin normal referans aralıklarda olduğu görüldü ve tüm tavşanlarda cerrahi girişim riskli görülmedi. GRI'de PaCO₂ 1. günde yüksek (hiperkapni), diğer günlerde normal aralıkta iken, PaO₂ 1, 7 ve 15. günlerde yüksekti. Bu parametrelerin grup içi istatistiksel analizlerinde GRII'de PaO₂ için, preop ve 1. gün arasında ($p=0,026$) anlamlı fark görüldü. Gruplar arasındaki değerlendirmede, 7. günde PaCO₂ için GRI ile GRII ($p=0,002$) ve GRI ile GRIII ($p=0,013$) arasında, PaO₂ için GRI ile GRII ($p=0,002$) ve GRI ile GRIII ($p=0,003$) arasında anlamlı fark belirlendi. PaCO₂ için 15. günde GRI ile GRII ($p<0,001$) ve GRI ile GRIII ($p<0,001$), PaO₂ için GRI ile GRII ($p= 0,035$) ve GRI ile GRIII ($p=0,009$) arasında anlamlı fark vardı. Normal akciğer fonksiyonu açısından HCO₃⁻ değeri de önemlidir. HCO₃⁻ miktarının azalması ile metabolik asidozis oluşur ve solunum merkezi uyarılarak hiperventilasyon şekillenir. HCO₃⁻ miktarının arttığı durumlarda ise metabolik alkalozis meydana gelir ve hipoventilasyon ile PaCO₂ miktarı korunmaya çalışılır (Ardiaca ve ark., 2013). Sunulan tez çalışmasında, arteriyel HCO₃⁻ miktarının sadece postoperatif 7. günde GRI için referans değeri altında kaldığı görüldü. İstatistiksel olarak yapılan gruplar arası değerlendirmede GRI ile GRII ($p=0,013$) ve GRI ile

GRIII ($p=0,002$) arasında anlamlı fark tespit edildi. Akciğer rezeksiyonu sonrası, oluşan cerrahi travmaya bağlı ventilasyon ve perfüzyon uyumsuzluğu görülebilir. Kan gazı analizlerinde PaO_2 'nin yanında SpO_2 seviyesinin düşmesi beraber olabilir (Cukic, & Lovre, 2012; Rieser, 2013). Ancak sunulan çalışmada, GRI'de 7 ve 15. günlerde SpO_2 değeri hafif derecede yükseldi. Gruplar arasında yapılan istatistiksel değerlendirmede, SpO_2 için GRI ile GRII ($p=0,004$) ve GRI ile GRIII ($p=0,002$) arasında anlamlı fark bulundu.

Lazer ile rezeksiyon sırasında termal etki ile alveoler duvarlarda ısınma sonucu pıhtılaşma oluşur ve bu durum alveoler kollaps ile birlikte parankimde lokalize atelektazi ve alveoler ödem ile sonuçlanır (Kirschbaum ve ark., 2021; Meyer, Bartsch, Mirow, & Kirschbaum, 2017). Akciğer parankimindeki değişikliklerin radyolojik yansıması üzerine henüz bir çalışma bulunmasa da lazerin oluşturduğu akut akciğer hasarı radyolojik olarak değerlendirilebilir. Toraks'ın radyografilerinde şiddetli intersitisyel-alveoler model görünümü ve akciğerlerde radyoopasite artışı atelektazi yönünden ipucu verir. Buna ek olarak, gelişen lobar ya da segmental atelektazi nedeniyle mediastende yer değiştirme ve kalbin silüetinin atelektazik loplara süperpoze olduğu görülür (Duggan, & Kavanagh, 2005). Sunulan çalışmada, lazer uygulamasından sonra atelektazi varlığı GRI'de 1 olguda, GRII'de 2 olguda ve GRIII'te 4 olguda belirlendi. Olgularda belirlenen atelektazi sayısı istatistiksel olarak anlamlı değildi. Akciğer deseni yönünden gruplar arası istatistiksel analizlerde postoperatif 1. günde GRI ile GRIII ($p=0,03$) ve GRII ile GRIII ($p=0,018$) arasında anlamlı fark vardı. Akciğer deseni en yoğun 5W güç uygulanan GRIII'te gözlemlendi. Akciğer rezeksiyonu sonrası her zaman hava kaçağı olabileceği düşünülmelidir. Klasik yöntemlerin aksine lazerin alveoler büzülme oluşturması hava kaçağı riskini azalmaktadır. Ancak akciğerlerin re-ekspanse olması sırasında karbonize olmuş alveollerin gerilmesi esnasında yırtılma ve bu duruma bağlı postoperatif erken dönemde pnömotoraks gelişebilir. Ayrıca lazerin gücüne bağlı olarak da akciğerdeki rezeksiyon hattında yeterince kapanma olmayabilir ve bu durum pnömotoraksa yol açabilir. İntraoperatif olarak ya da toraks tüpü uzaklaştırıldıktan sonra plevrada kalan rezidü havanın radyografik takibi yapılarak pnömotoraksın ilerleyip ilerlemediği değerlendirilmelidir (Agarwal, Parab, & Pramesh, 2017; Marulli ve ark., 2013; Stefani ve ark., 2020). Yapılan bu tez

çalışmasında, tüm gruplarda farklı derecelerde pnömotoraks ile karşılaşıldı ancak gruplar arası yapılan istatistiksel karşılaştırmalarda pnömotoraks yönünden herhangi bir anlamlı fark bulunmadı.

Lazer ile sağlanan ideal kesme, pıhtılaşma, hemostaz ve doku buharlaşması akciğer parankimi için de geçerlidir ve pnömostazis açısından uygun lazer dalga boyu önemlidir. Yapılan bir çalışmada, 1.350 nm dalga boyunda diyod lazer kullanılarak yapılan akciğer rezeksiyonunda akciğer parankiminin yüksek oranda absorbe olduğu, kesme, hemostaz ve pnömostaz arasında iyi bir denge olduğu bildirilir (Ng ve ark., 2017). Farklı bir çalışmada, 2.010 nm dalga boyunda lazer ile akciğerlerdeki nodül rezeksiyonunda lazerin doku vaporizasyon etkinliğinin üstün olduğu belirtilir (Zhang ve ark., 2020). Daha önce in-vitro ya da in-vivo akciğer dokusunda 980 nm dalga boyunda diyod lazer kullanımı rapor edilmese de, sunulan çalışmada tavşan akciğer dokusunda 980 nm dalga boyu lazer kullanılarak kama (wedge) rezeksiyon yapıldı ve iyi derecede doku vaporizasyonu, hemostaz ve minimal hava kaçağı görüldü. Akciğer dokusunda etkin lazer dalga boyunun yanı sıra kullanılan lazer modunda erken postoperatif süreçte hava kaçağı oluşumuna etki edebileceği belirtilir (Kirschbaum ve ark., 2016). Akciğer dokusunda, lazer modu genellikle non-kontakt (belirli bir mesafeden dokuya değdirmeden kontrollü vaporizasyon ile koagulasyon yapma) olarak belirlenir ve daha az karbonize doku ve kontrollü koagulasyon sağlanır. Ancak kontakt mod da akciğer dokusunda kullanılabilir. Kontakt mod kullanıldığında lazer fiberi skalpel gibi işlev görür, kontrolsüz fazla karbonize dokunun oluşur, ısı artışına bağlı fiber yapının etkinliği kısa sürede bozulur ve hava kaçağını kontrol etme güçleşir. Yapılan çalışmalarda, kontakt mod uygulamasında lazer gücünün düşürülmesi ve bozulan fiber kısmın yenilenerek lazerin etkinliğinin artırılması önerilir (Kirschbaum ve ark., 2017; Meyer ve ark., 2017). Sunulan çalışmada, literatür verileri dikkate alınarak lazer modu non-kontakt olarak kullanıldı. Çıplak uçlu fiber ile 1 cm mesafeden akciğer dokusuna değdirilmeden kontrollü rezeksiyon sağlandı. Postoperatif erken dönemde lazer ile rezeksiyon esnasında oluşan hava kaçağını önlemede lazer gücü ile fiber çapının önemi vurgulanır (Rexin, Bartsch, & Kirschbaum, 2015). Yapılan bir çalışmada, 1.940 nm dalga boyunda, 600 µm çapında fiber ile 30 W güçte uygulanan lazerin etkin pnömostaz sağladığı bildirilir (Kirschbaum ve ark., 2016). Sunulan

çalışmada, 980 nm dalga boyunda diyod lazer ile farklı güçlerde (15, 10 ve 5 W) kama (wedge) rezeksiyon uygulandığında, Macchiarini hava kaçağı skoru skalasına göre en fazla hava kaçağı GRIII'te (5W) görüldü. İstatistiksel olarak gruplar arası değerlendirmede hava kaçağı skoru GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında anlamlıydı ($p=0,014$, $p=0,010$). Lazerin gücünün, ışın uygulama süresi ve enerjisi ile operasyon süresi ve hava kaçağı üzerine de etkisi bulunur. Bir çalışmada, 80 ve 120 W güçteki lazer ile farklı sürelerde (6 ve 8 sn) yapılan akciğer rezeksiyonu sonrası hava kaçağının minimal ya da hiç olmadığı bildirilmektedir (Bölükbaş ve ark., 2019). Sunulan çalışmada, GRII'de, hava kaçağı skoru ile ışın uygulama süresi ve uygulanan enerji arasında pozitif yönlü şiddetli bir korelasyon belirlendi ($p=0,019$, $r=0,837$; $p=0,019$, $r=0,837$). GRIII'de, hava kaçağı skoru ile ışın uygulama süresi ve enerji arasında ($p<0,001$, $r=0,971$; $p=0,009$, $r=0,878$), ışın uygulama süresi ile enerji arasında ($p=0,002$, $r=0,935$) pozitif yönlü şiddetli bir korelasyon vardı. Lazer farklı watt'larda uygulandığında doku üzerine yaptığı etki ameliyat süresi ve hava kaçağı riskini de etkilemektedir. Maksimum 120 W güçte uygulama lazerin doku üzerindeki etkisinin azaltmakta ve operasyon süresini de etkilemektedir (Rexin ve ark., 2015). Yüksek lazer gücü uygulandığında operasyon süresinin daha kısa olduğu ve doku destrüksiyonuna bağlı olarak hava kaçağı riskinin de arttığı bildirilir (Kirschbaum ve ark., 2012). Sunulan çalışmada, 5 W güçte (GRIII) lazer uygulandığında ameliyat süresi ve ışın uygulama süresinin uzadığı, hava kaçağı skorunun da en yüksek olduğu belirlendi. İstatistiksel değerlendirmede, ameliyat süreleri için GRI ile GRII ve GRIII arasında ($p=0,004$, $p=0,002$), ışın uygulama süresi için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında ($p<0,001$, $p<0,001$) ve hava kaçağı skoru için ise GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında ($p=0,014$, $p=0,010$) anlamlı farklılık görüldü.

Akciğer lobunun lazer ile rezeksiyonu esnasında dokuda termal etki ile anlık gelişen mikroskopik değişikliklerin bilinmesi etkin lazer modunun belirlenmesi açısından önemlidir. Akciğerde oluşan fototermal reaksiyonda elastik ve kollajen liflerin kasılması ile alveoler duvarlar ısınarak büzülür ve lokal pıhtılaşma dokusu gelişerek karbonize ve koagule bir alan oluşur (Fiorelli ve ark., 2016). Karbonize ve koagule alanın boyutu, lazerin dalga boyuna, lazerin uygulanım süresine, akciğerin ventile ve ventile olmama durumuna göre değişir. Lazer ile yapılan rezeksiyonda, akciğerler ventile haldeyken oluşan koagülasyon zonu daha fazla olmaktadır. Bunun

nedeni ventilasyon sırasında kasılıp gevşeyen parankim dokunun lazerin yaptığı koagülasyon hattını bozmasıdır. Bozulan alanda hava kaçağı oluşumunu durdurmak için yapılan ilave lazer uygulaması koagülasyon zonunu kalınlaştırmaktadır (Kirschbaum ve ark., 2021). Bir çalışmada, güç seviyesi ve uygulama süresi arttıkça karbonizasyon zonu derinliğinin arttığı belirtilerek 120 W güç ve 12 sn süre uygulanan grupta karbonizasyon zonunun 1.371 mm olduğu bildirilmiştir (Bölükbaş ve ark., 2019). Sunulan çalışmada, karbonizasyon zonu derinliği literatürlerin aksine 5 W olan grupta daha fazla bulundu ve 0,06 mm olarak ölçüldü. Koagülasyon zonu ise 10 W olan grupta en yüksek değerde ve 0,36 mm idi. İstatistiksel olarak, karbonizasyon zonu için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII arasında ($p=0,011$, $p=0,004$), koagülasyon zonu için GRI ile GRII arasında ($p=0,019$) anlamlı fark vardı.

Akciğer rezeksiyonunun postoperatif erken döneminde termal hasarın yaptığı makroskopik değişiklikler olarak karbonize alanın yoğunluğu, parankimal renk değişikliği, dokunun esnekliğinde kayıp, hemoraji ve adezyon görülür (Janeczek ve ark., 2021). Hayvan modeli olarak domuzun kullanıldığı akciğerde yapılan deneysel bir çalışmada, 1.940 nm talyum lazer ile 16,7 kW güç yoğunluğunda ve 1.470 nm diyod lazer ile 39,8 kW güç yoğunluğunda ayrı loblarda ensizyon ve kısmi rezeksiyon uygulandığı, postoperatif 7. gündeki makroskopik bulgularda her iki lazer ensizyon bölgesinde lokal renk değişikliği, fibrozis ve atelettazi varlığı ile birlikte az miktarda nekrotik alanların görüldüğü ve diyod lazerin uygulandığı alanda diğer lazere kıyasla diyafram hattına doğru daha fazla adezyon oluştuğu bildirilir (Janeczek ve ark., 2021). Sunulan çalışmada, 980 nm dalga boyunda kama (wedge) rezeksiyon yapılan alanlarda postoperatif 15. günde saptanan bulguların lazerin gücüne göre değiştiği görüldü. Doku renk değişikliği, pulmoner hemoraji, adezyon ve atelettazi varlığı en fazla 5 W güçte lazer uygulanan GRIII'te iken, GRI'de (15 W) GRIII'te karşılaşılan bulguların daha az olduğu, GRII'de (10 W) ise bu bulguların orta düzeyde olduğu tespit edildi. Özetle, 15 W güçte uygulanan lazerin makroskopik bulguları daha olumlu olarak belirlendi.

Akciğerler, yapısal duyarlılığı nedeniyle herhangi bir nedene bağlı olarak hasarlandığında daha fazla etkilenir ve iyileşme aşamaları bir seri olayları içerir. Hasara en açık akciğer hücreleri mukozal yüzeyde bulunanlardır. Epitel hücrelerinde

oluşan hasar, hızlı çoğalmayı, farklılaşmayı ve yeni hücrelerin yapılanmasını uyarır ve doku bariyer fonksiyonunun yenilenmesine neden olur. Bununla birlikte, reperasyonu içeren süreçlerle birlikte hücresel yapının değişmesi daha zayıf akciğer fonksiyonuna yol açar (Lucas, Yasa, & Lucas 2020). Akciğer dokusunda lazerin kullanımı sonrası termal hasardan dolayı şekillenen yüzeysel veya derin yapısal değişiklikler, uygulanan lazerin dalga boyu, gücü ve enerjisine göre farklılık gösterir. Akciğerin Nd:YAG 1.060 nm dalga boyunda, 80 W gücünde ve 5 sn uygulama süresi olan lazer ile rezeksiyonu sonrası iyileşme aşamalarının 1, 2, 3, 4 ve 5 hafta süreyle mikroskopik incelemeleri yapıldığında, 1-2 haftalık süreçte yüzeyden derine doğru sırasıyla debris alanı, koagülasyon alanında fibroplazi oluşumları, yangısal hücresel alanlar ve en sonda hiperemik alveollerin yer aldığı belirtilir. Üç-5 hafta süreçteki incelemelerde ise debrisin devam ettiği, koagülasyon zonunda yeni kan damarları ile birlikte olgun fibröz doku oluşumu bildirilir (Cole, & Wolfe, 1987). Erken postoperatif dönemde iyileşme sürecinin mikroskopik olarak takibinin yapıldığı benzer bir çalışmada da, postoperatif 7. günde alınan doku örneklerinde, akciğer dokusunda hücresel değişiklikler takip edilmiş, bu değişikliklerde; termal hasarın bulunduğu alanlarda hücresel infiltrasyon alanı (nötrofiller), yangısal granülasyon dokusu ile çevrili ince duvarlı kan damarları ve normal akciğer dokusundan keskin sınırla ayrılmış fibroplazi proliferasyonu belirlenmiştir (Janeczek ve ark., 2021). Sunulan bu çalışmada, farklı lazer güçleri uygulanarak alınan doku örneklerinin 15. gündeki mikroskopik incelenmesinde yukarıdaki literatürlerde bildirilenlere benzer şekilde tüm gruplarda; yangısal debris çevreleyen hafif ve orta derecede nötrofil lökositler, çoğunlukla lenfosit, plazmositler, yoğun histiyosit komponenti ve dev hücreler ile yüzeyde damardan zengin, rejenere genç bağ dokuda fibroblast ve fibrosit artışı, kapillar damar proliferasyonu, yoğun alveoler rejenerasyonun olduğu reperasyon dokusu mevcuttu. Reperasyon dokusuna yakın alveollerde hemorajinin tüm gruplarda devam ettiği ancak GRIII'te daha orta düzeyde seyrettiği görüldü. Alveoler atelektazi GRIII'te daha fazlaydı. Lazer güçleri dikkate alındığında, GRIII'te (5 W) fibroplazi miktarı en yüksek değerdeydi. İstatistiksel olarak, gruplar arası yapılan değerlendirmede, fibroplazi miktarı için GRI ile GRIII ve GRII ile GRIII ($p=0,015$, $p=0,002$) arasında anlamlı fark saptandı.

Sunulan çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde karşılaşılan kısıtlamalar aşağıdaki gibidir.

- Çalışmada kullanılan diyod lazerin maksimum gücü 15 W idi ve tavşan akciğeri için yeterliydi. İnsan ya da farklı türlerin akciğer dokusunda bu lazer gücü yeterli olmayabilir.
- Lazerin yaptığı erken postoperatif dönem etkinliğinin değerlendirilmesinde özellikle fibroplazi için farklı biyobelirteçler de kullanılabilir. Ancak çalışma bütçesi kısıtlı olduğu için bu tezde ancak spesifik üç biyobelirteç ele alındı.
- Bu çalışmada lazerin akciğer dokusundaki etkisi görüntülü tanı yöntemi olarak radyoloji ile ele alındı, planlanması düşünülen lazerin ele alındığı başka akciğer çalışmalarında farklı görüntülü tanı yöntemleri tercih edilebilir.
- Çalışmanın postoperatif 15 günlük erken dönemi içermesi özellikle ileriki zamanlardaki yangısal süreç, alveoler rejenerasyon ve fibroplazi bulguları hakkında merak uyandırmaktadır.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Deneysel olarak tavşanlarda ilk kez yapılan bu çalışma ile diyod lazerin etkin bir şekilde akciğer rezeksiyonunda kullanılabileceği görüldü.
- Klinik olarak tavşanların vital parametreleri içerisinde respirasyonun anlık ve erken postoperatif dönemde arttığı, vücut sıcaklığının 0. günde azaldığı ve 1. günde arttığı görüldü. Vital parametrelerdeki bu değişiklikler lazerin gücü ve uygulama süresiyle ilişkili değildi.
- Çalışma esnasında hematolojik muayene bulgularında karşılaşılan bazı parametrik değişiklikler lazerin akciğerde meydana getirdiği postoperatif erken dönem yangısal cevap ile bağlantılı değildi.
- Lazer ile yapılan akciğer rezeksiyonunda ele alınan IL-1 β ve IL-8 değerlerinin çalışmadaki tüm gruplarda 15. günde hafif derecede yükselmesi güç ve parankime uygulama sürelerden bağımsız olarak lazerin yaptığı enflamatif sürecin devam ettiğinin bir göstergesi olarak düşünüldü.
- VEGF'in özellikle 15 ve 5 W güçteki lazer uygulaması sonrası 15. günde ortalama değerlerinin artmasının nedeni; 15 W güçteki lazerin uygulama süresinin kısa ve enerjisinin fazla, 5 W güçteki lazerin uygulama süresinin uzun ve enerjisinin fazla olmasıydı.

- Arteriyel kan gazı parametrelerinden pH, PaCO₂, PaO₂, HCO₃⁻ ve SpO₂ lazer ile yapılan akciğer cerrahisi sonrası erken dönem solunum yeterliliği hakkında önemli ve anlamlı bilgiler verdi.
- Radyolojik olarak akciğer deseninin GRIII'te daha fazla görülmesi bu grupta muhtemelen akciğer rezeksiyonu esnasında lazerin uygulanım süresinin uzun ve dokuda meydana getirdiği hasardan kaynaklandı.
- Hava kaçağı skorunun GRIII'te (5 W) en yüksek olmasının nedeni, lazer gücünün akciğer parankiminde yeterli koagülasyon oluşturamaması ve ventilasyon desteği ile de koagülasyon alanının bozulmasıydı.
- Histopatolojik olarak anlık lazerin akciğere etkisi ele alındığında, karbonizasyon zonu GRIII'te (5 W) en fazla ve GRI'de (15 W) en az, alveoler ödem GRIII'te (5 W) en fazla, amfizem ve atelettazi ise GRII'de (10 W) en fazlaydı.
- Makroskopik olarak 15 W lazer uygulanan lobda, karbonize alanın sınırlı olduğu, adezyon ve atelettazi varlığının ise daha az şekillendiği görüldü.
- Akciğerde kama (wedge) rezeksiyon yapılan bölgenin postoperatif 15. gündeki makroskopik bulguların şiddeti lazerin watt'ına göre değişti. Doku renk değişikliği, adezyon ve atelettazi en fazla 5 W güçte uygulanan lazerde görüldü. Bu nedenle 15 W güçte uygulanan lazerin daha efektif olduğu düşünüldü.
- Histopatolojik bulgulara göre fibroplazi miktarı iyileşmeyle ilişkilidir. GRIII'te (5 W) fibroplazi miktarının (1,02±0,33) en fazla olması lazerin uzun süre uygulanmasına bağlı oluşan fazla karbonize alan ile bağlantılıydı.

Sonuç olarak, bu doktora tez çalışmasından elde edilen tüm muayene ve laboratuvar analiz bulguları dikkate alındığında lazer ile yapılan akciğerde kama (wedge) rezeksiyonu, anlık olarak ve postoperatif erken dönemde sistemik lokal ve sistemik bulgular meydana getirebileceği; akciğer dokusunun anatomik ve fizyolojik yapısı dikkate alındığında, en etkin lazer modunun, 980 nm dalga boyu, 15 W, non-kontakt mod, ortalama 60 sn süre ve 900 joule olduğu; bu tez çalışmasından elde edilen sonuçların planlanması düşünülen akciğerde lazerin kullanımına yönelik farklı ve benzer klinik ve deneysel çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Agarwal, L., Parab, S.Y., & Pramesh, C.S. (2017). Protective lung strategy during bronchoscopic laser resection of tracheobronchial tumors: a case series. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 31(6), 2161-2166. doi:10.1053/j.jvca.2017.02.183.
- Ahrar, K., Gowda, A., Javadi, S., Borne, A., Fox, M., McNichols, R., ... Stafford, R.J. (2010). Preclinical assessment of a 980-nm diode laser ablation system in a large animal tumor model. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 21(4), 555-561. doi:10.1016/j.jvir.2010.01.002.
- Akers, D.M., & Denbow, D.M. (2013). *Anatomy and physiology of domestic animals* (pp.417-430). 2nd edition, United Kingdom: John Wiley & Sons, Inc.
- Almeida, A.G.A., Pascoal, A.M., Santos, F.D.R.P., Neto, P.M.L., Nunes, S.F.L., & Sousa, V.E.C. (2017). Respiratory status of adult patients in the postoperative period of thoracic or upper abdominal surgeries. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 25, e2959. doi:10.1590/1518-8345.2311.2959.
- Appelgrein, C., & Hosgood, G. (2018). Modified rib pivot lateral thoracotomy: a case series. *Australian Veterinary Journal*, 96(1-2), 28-32. doi:10.1111/avj.12658.
- Ardiaca, M., Bonvehi, C., & Montesinos, A. (2013). Point-of-care blood gas and electrolyte analysis in rabbits. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 16(1), 175-195. doi:10.1016/j.cvex.2012.10.005.
- Arroyo, H.H., Neri, L., Fussuma, C.Y., & Imamura, R. (2016). Diode laser for laryngeal surgery: a systematic review. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 20, 172-179. doi:10.1055/s-0036-1579741.
- Aspinall, V., & Cappello, M. (2015). *Introduction to veterinary anatomy and physiology textbook* (pp.91-98). 3th edition, United Kingdom: Elsevier.
- Azadgoli, B., & Baker, R.Y. (2016). Laser applications in surgery. *Annals of Translational Medicine*, 4(23), 452. doi:10.21037/atm.2016.11.51.
- Bahadır, A., & Yıldız, H. (2008). *Veteriner anatomi, hareket Sistemi & iç Organlar* (s.55, 258-262). 2. Baskı, Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Barnett, N. & Ware, L.B. (2011). Biomarkers in acute lung injury - Marking forward progress. *Critical Care Clinics*, 27(3), 661-683. doi:10.1016/j.ccc.2011.04.001.
- Bartels, K.E. (2014). Lasers in veterinary medicine-an introduction to surgical lasers. In M. J. Bojrab, D. Waldron, & J. P. Toombs (Eds.), *Current techniques in small animal surgery* (pp.27-43). Teton Newmedia.
- Bayram, A.S., Erol, M.M., Salcı, H., Özyiğit, O., Görgül, S., & Gebitekin, C. (2007). Basic interrupted versus continuous suturing techniques in bronchial anastomosis following sleeve lobectomy in dogs. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*, 32, 852-854. doi:10.1016/j.ejcts.2007.09.005.
- Beaty, C., & Barrs, V. (2010). Pleural effusion in the cat a practical approach to determining aetiology. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12, 693-707. doi:10.1016/j.jfms.2010.07.013.
- Benavides, K.L., Rozanski, E.A., & Oura, T.J. (2019). Lung lobe torsion in 35 dogs and 4 cats. *The Canadian Veterinary Journal*, 60(1), 60-66.

- Berger, N., & Eeg, P.H. (2006). *Veterinary laser surgery a practical guide* (pp.3-182). United States, Blackwell Publishing.
- Bleier, B.S., Cohen, N.M., Bloom, J.D., Palmer, J.N., & Cohen, N.A. (2010). Laser tissue welding in lung and tracheobronchial repair. *Chest*, 138(2), 345-349. doi:10.1378/chest.09-2721.
- Boyras, İ., & Yıldız, A. (2016). Lazer çeşitleri ve yüksek yoğunluklu lazer kullanımı. *Journal of Contemporary Medicine*, 6, 104-109. doi:10.16899/ctd.55797.
- Boztok Özgermen, B., & Bumin, A. (2016a). Comparison of computed tomography and thoracic radiography findings for the assessment of pulmonary diseases in dogs. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 63, 339-346. doi:10.1501/Vetfak_0000002750.
- Boztok Özgermen, B., & Bumin, A. (2016b). Köpeklerde akciğer hastalıklarının tanısında Bilgisayarlı Tomografi kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 42(2), 198-205. doi:10.16988/iuvfd.2016.54324.
- Bölükbaş, S., Biancosino, C., Redwan, B., & Eberlein, M. (2017). Diode-pumped laser for lung-sparing surgical treatment of malignant pleural mesothelioma. *The Annals of Thoracic Surgery*, 103(6), e529-e530. doi:10.1016/j.athoracsur.2017.01.029.
- Bölükbaş, S., Greve, T., Biancosino, C., Eberlein, M., Schumacher, S., Gödde, D., ... Redman, B. (2019). Diode-pumped neodymium: yttrium aluminum garnet laser effects on the visceral pleura in an ex vivo porcine lung model. *Interactive Cardiovascular and thoracic Surgery*, 28, 339-343. doi:10.1093/icvts/ivy254.
- Burk, R.L., & Feeney, D.A. (2003). *Small animal radiology and ultrasound* (pp.25-248). St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Cabo, C.M., Alarza, F.H., Rodriguez, A.M.C., & Delgado, M.C.M. (2020). Perioperative management in thoracic surgery. *Medicina Intensiva*, 44(3), 185-191. doi:10.1016/j.medine.2019.10.006.
- Capelozzi, V.L., Allen, T.C., Beasley, M.B., Cagle, P.T., Guinee, D., Hariri, L.P., ... Smith, M.L. (2017). Molecular and immune biomarkers in acute respiratory distress syndrome. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 141(12), 1719-1727. doi:10.5858/arpa.2017-0115-SA.
- Cole, P.H., & Wolfe, W.G. (1987). Mechanisms of healing in the injured lung treated with the Nd:YAG. *Laser in Surgery and Medicine*, 6, 574-580. doi:10.1002/lsm.1900060618.
- Cross, L.J., & Matthay, M.A. (2011). Biomarkers in acute lung injury: insights into the pathogenesis of acute lung injury. *Critical Care Clinics*, 27(2), 355-377. doi:10.1016/j.ccc.2010.12.005.
- Cukic, V., & Lovre, V. (2012). Changes of arterial blood gases after different ranges of surgical lung resection. *Materia Socio-Medica*, 24(3), 165-170. doi:10.5455/msm.2012.24.165-170.
- Dinç, B., & Or, E.M. (2014). Farklı tipte lazerlerin veteriner hekimlikte kullanımı. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 7(3), 1-10.
- Duggan, M., & Kavanagh, B.P. (2005). Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity. *Anesthesiology*, 102(4), 838-854. doi:10.1097/00000542-200504000-00021.
- Dyce, K.M., Sack, W.O., & Wensing, C.J.G. (2010). *Textbook of veterinary anatomy* (pp.157-166). 4th edition, St. Louis, Missouri: Elsevier.

- Eatwell, K., Mancinelli, E., Hedley, J., Benato, L., Shaw, D.J., Self, I., & Meredith, A. (2013). Use of arterial blood gas analysis as a superior method for evaluating respiratory function in pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Veterinary Record*, 173(8), 191. doi:10.1136/vr.101218.
- Engels, G.E., & van Oeveren, W. (2015). Biomarkers of lung injury in cardiothoracic surgery. *Disease Markers*, 2015, 472360. doi:10.1155/2015/472360.
- Epstein, S.E. (2014). Exudative pleural diseases in small animals. *Veterinary Clinics Small Animal Practice*, 40, 161-180. doi:10.1016/j.cvsm.2013.08.005.
- Evans, H.E., & Lahunta, A. (2013). *Miller's anatomy of the dog* (pp.338-359). 4th edition, St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Fesseha, H. (2020). Laser therapy and its potential application in veterinary practice-a review. *Journal of Light & Laser: Current Trends*, 3(1), 1-9.
- Fiorelli, A., Accardo, M., Carelli, E., Del Prete, A., Messina, G., Reginelli, A., ... Santini, M. (2016). Harmonic technology versus neodymium-doped yttrium aluminium garnet laser and electrocautery for lung metastasectomy: an experimental study. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, 23(1), 47-56. doi:10.1093/icvts/ivw067.
- Fossum, T.W. (2013). *Small animal surgery* (pp.154-162, 176-189, 911-1031). 4th edition, Canada: Elsevier.
- Franck, P., Henderson, P.W., & Rothaus, K.O. (2016). Basics of lasers history, physics, and clinical applications. *Clinics in Plastic Surgery*, 43, 505-513. doi:10.1016/j.cps.2016.03.007.
- Geldi, C., Bozkulak, Ö., Tabakoğlu, H.Ö., İşçi, Ş., Kurt, A., & Gülsoy, M. (2006). Development of a surgical diode-laser system:controlling the mode of operation. *Photomedicine and Laser Surgery*, 24(6), 723-729. doi:10.1089/pho.2006.24.723.
- Gesierich, W. (2010). Diagnostic and therapeutic laser applications in pulmonary medicine - a review. *Medical Laser Application*, 25(1), 5-13. doi:10.1016/j.mla.2009.11.002.
- Giannico, A.T., Garcia, D.A.A., Lima, L., de Lara, F.A., Ponczek, C.A.C., Shaw, G.C., ... Froes, T.R. (2015). Determination of normal echocardiographic, electrocardiographic and radiographic cardiac parameters in the conscious New Zealand White rabbit. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 24(2), 223-234. doi:10.1053/j.jepm.2015.04.013.
- Görgül, O.S., & Seyrek-İntaş, D. (2013). *Dış hastalıklara giriş* (s.57-60). 3. Baskı, Bursa: Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, No: 2004-2.
- Grubb, T. (2010). Anesthesia for patients with respiratory disease and/or airway compromise. *Topics in Companion Animal Medicine*, 25(2), 120-132. doi:10.1053/j.tcam.2010.01.001.
- Guillaumin, J., & Adin, C.A. (2015). Postthoracotomy management. In D.C. Silverstein, & K. Hopper (Eds.), *Small animal critical care medicine* (pp.703-707). 2nd edition, St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Hall, J.E. (2016). *Guyton ve Hall tıbbi fizyoloji* (s.497-546). (B.Ç. Yeğen, İ. Alican, Z. Solakoğlu, Çev.), 13. Baskı, Ankara: Güneş Kitapevi.
- Haley, D., & Pratt, O. (2017). Basic principles of lasers. *Anesthesia and Intensive Care Medicine*, 18(12), 648-650. doi:10.1016/j.mpaic.2017.10.001.
- Herek, D., & Karabulut, N. (2010). Manyetik Rezonans Görüntüleme. *Türk Toraks Derneği Toraks Cerrahisi Bülteni*, 1(3), 214-222.

- Hunt, G.B. (2018). Thoracic Wall. In S.A. Johnston, K.M. Tobias (Eds.), *Veterinary surgery small animal* (pp.2001-2013). 2nd edition, St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Janeczek, M., Rybak, Z., Lipinska, A., Bujok, J., Czernski, A., Szymonowicz, M., ... Bogusława Zywicka, B. (2021). Local effects of a 1940 nm thulium-doped fiber laser and a 1470 nm diode laser on the pulmonary parenchyma: an experimental study in a pig model. *Materials*, 14(18), 5457. doi:10.3390/ma14185457.
- Joy, J.A. (2019). *Pain control after thoracic surgery*. [Master's degree, Lithuanian University], <https://hdl.handle.net/20.500.12512/101984>.
- Kasnak, G., & Fıratlı, H. E. (2016). Lazer fiziği ve lazer uygulamalarında temel kavramlar. *Türkiye Klinikleri Periodontoloji Özel Dergisi*, 2(2), 1-6.
- Kaufmann, K.B., Heinrich, S., Staehle, H.F., Bogatyreva, L., Buerkle, H., & Goebel, U. (2018). Perioperative cytokine profile during lung surgery predicts patients at risk for postoperative complications—A prospective, clinical study. *Plos One*, 13(7), e0199807. doi:10.1371/journal.pone.0199807.
- Kealy, J.K., McAllister, H., & Graham, J.P. (2011). *Diagnostic radiology and ultrasonography of the cat and dog* (pp.202-346). 5th edition, St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Kirschbaum, A., Palade, E., Kayser, G., & Passlick, B. (2012). Local effects of high-powered neodymium-doped yttrium aluminium garnet laser systems on the pulmonary parenchyma: an experimental study on the isolated perfused pig lung lobe. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, 15(2), 191-193. doi:10.1093/icvts/ivs140.
- Kirschbaum, A., Höchsmann, N., Steinfeldt, T., Seyfer, P., Pehl, A., Bartsch, D.K., & Palade, E. (2016). Investigations of initial airtightness after non-antomic resection of lung parenchyma using a thulium-doped laser with different optical fibres. *Lasers in Medical Science*, 31, 1097-1103. doi:10.1007/s10103-016-1952-5.
- Kirschbaum, A., Bartsch, D.K., & Rexin, P. (2017). Comparison of the local effects of a 600-µm bare fibre at high laser power on lung parenchyma: Nd:YAG laser 1320 vs. 1064 nm. *Lasers in Medical Science*, 32, 557-562. doi:10.1007/s10103-017-2148-3.
- Kirschbaum, A., Surowiec, Th.M., Pehl, A., Wiesmann, Th., Bartsch, D.K., & Mirow, N. (2021). Local lung coagulation post resection: an ex-vivo porcine model. *Lasers in Medical Science*, 37(1), 443-447. doi:10.1007/s10103-021-03280-7.
- Kocatürk, M., Salcı, H., Yılmaz, Z., Bayram, A.S., & Koch, J. (2010). Pre- and post-operative cardiac evaluation of dogs undergoing lobectomy and pneumonectomy. *Journal of Veterinary Science*, 11(3), 257-264. doi:10.4142/jvs.2010.11.3.257.
- Koç, E., & Dinçer, D. (2012). Lazere giriş ve genel bilgiler. *Turkish Archives of Dermatology and Venereology*, 46(1), 2-6. doi:10.4274/turkderm.46.s1.01.
- Komsta, R., Osiński, Z., Dębiak, P., Twardowski, P., & Lisiak, B. (2019). Prevalence of pectus excavatum (PE), pectus carinatum (PC), tracheal hypoplasia, thoracic spine deformities and lateral heart displacement in thoracic radiographs of screw-tailed brachycephalic dogs. *Plos One*, 14(10), e0223642. doi:10.1371/journal.pone.0223642.

- Kunkel, S.L., Standiford, T., Kasahara, K., & Strieter, R.M. (1991). Interleukin-8 (IL-8): The major neutrophil chemotactic factor in the lung. *Experimental Lung Research*, 17, 17-23. doi:10.3109/01902149109063278.
- Lappalainen, U., Whitsett, J.A., Wert, S.E., Tichelaar, J.W., & Bry, K. (2005). Interleukin-1 β causes pulmonary inflammation, emphysema, and airway remodeling in the adult murine lung. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 32, 311-318. doi:10.1165/rcmb.2004-0309OC.
- Larson, M.M. (2009). Ultrasound of the thorax (noncardiac). *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 39(4), 733-745. doi:10.1016/j.cvsm.2009.04.006.
- Leandro, J.D., Rodrigues, O.R., Slaets, A.F.F., Schmidt Jr, A.F., & Yaekashi, M.L. (2014). Comparison between two thoracotomy closure techniques: postoperative pain and pulmonary function. *Journal Brasileiro de Pneumologia*, 40(4), 389-396. doi:10.1590/S1806-37132014000400006.
- Lesser, T.G. (2012). Laser application enables awake thoracoscopic resection of pulmonary nodules with minimal access. *Surgical Endoscopy*, 26(4), 1181-1186. doi:10.1007/s00464-011-2000-y.
- Lu, H-Y., Chu, Y., Wu, Y-C., Liu, C-Y., Hsieh, M-J., Chao, Y-K., ... Liu, H-P. (2015). Hemodynamic and inflammatory responses following transumbilical and transthoracic lung wedge resection in alive canine model. *International Journal of Surgery*, 16, 116-122. doi:10.1016/j.ijssu.2015.02.027.
- Lucas, A., Yasa, J., & Lucas, M. (2020). Regeneration and repair in the healing lung. *Clinical & Translational Immunology*, 9, e1152. doi:10.1002/cti2.1152.
- Marulli, G., Droghetti, A., Chiara, F.D., Calabrese, F., Rebusso, A., Perissinotto, E., ... Rea, F. (2013). A prospective randomized trial comparing stapler and laser techniques for interlobar fissure completion during pulmonary lobectomy. *Lasers Medical Sciences*, 28, 505-511. doi:10.1007/s10103-012-1097-0.
- Masseau, I., & Reinerio, C.R. (2019). Thoracic computed tomographic interpretation for clinicians to aid in the diagnosis of dogs and cats with respiratory disease. *The Veterinary Journal*, 253, 105388. doi:10.1016/j.tvjl.2019.105388.
- Meyer, C., Bartsch, D., Mirow, N., & Kirschbaum, A. (2017). Video-assisted laser resection of lung metastases-feasibility of a new surgical technique. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, 65(5), 382-386. doi:10.1055/s-0036-1597990.
- Mineo, T.C., Ambrogi, V., Tonini, G., & Nofroni, I. (2001). Pulmonary metastasectomy: Might the type of resection affect. *Journal of Surgical Oncology*, 76(1), 47-52. doi:10.1002/1096-9098(200101)76:1<47: AID-JSO1008>3.0.CO;2-V.
- Mokhtar, Hussein, Hussein, Abd-Elhafez, & Kamel, (2019). New insight into the development of the respiratory acini in rabbits: morphological, electron microscopic studies, and tunnel assay. *Microscopy and microanalysis*, 25(3):769-785. doi: 10.1017/S1431927619000059.
- Monet, E. (2018). Lungs. In S. A. Johnston, K. M. Tobias (Eds.), *Veterinary surgery small animal* (pp.1983-1999). 2nd edition, St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Monet, E. (2003). Pleura and pleural space. In D. Slatter (Eds.), *Textbook of Small Animal Surgery* (pp.387-405). 3rd Edition, Philadelphia Saunders.
- Noyan, A. (2008). *Yaşamda ve hekimlikte fizyoloji* (s.491-580). 17. Baskı, Ankara: Meteksan Anonim Şirketi.

- Ng, C.S.H., Capili, F., Zhao, Z.R., Yu, P.S.Y., Ho, J.Y.K., & Lau, R.W.H. (2017). Laser resection of pulmonary nodule via uniportal thoracoscopic surgery. *Journal of Thoracic Disease*, 9(3), 846-848. doi:10.21037/jtd.2017.02.100.
- Orton, E.C., & Monet, E. (2018). *Small animal thoracic surgery* (pp.129-136). 1st edition, River Street, Hoboken, USA: JohnWiley & Sons, Inc.
- Orton, E.C. (2003). Thoracic wall. In D. Slatter (Eds.), *Textbook of Small Animal Surgery* (pp.373-387). 3rd Edition, Philadelphia Saunders.
- Papaioannou, A., Kostikas, K., Kollia, P., & Gourgoulianis, K. (2006). Clinical implications for Vascular Endothelial Growth Factor in the lung: friend or foe?. *Respiratory Research*, 7, 128. doi:10.1186/1465-9921-7-128.
- Pavlidou, K., Papazoglou, L.G., Savvas, L., & Kazakos, G. (2009). Analgesia for small animal thoracic surgery. *Compendium: Continuing Education for Veterinarians*, 31(9), 432-436.
- Penninck, D., & d'Anjou, M.A. (2013). *Küçük hayvan ultrasonografi atlası*. (D. Seyrek-İntaş, Çev.) (s.119-150), 1. baskı, Malatya: Medipres.
- Pereszlenyi, A. (2013). Laser segmental resection for pulmonary tumors. *Advances in Cancer Research & Treatment*, 2013, 1-9. doi:10.5171/2013.976740.
- Portela, D.A., Romano, M., & Otero, P.E. (2019). Locoregional anesthesia of the thoracic limbs and thorax in small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 49(6), 1063-1083. doi:10.1016/j.cvsm.2019.07.002.
- Predina, J.D., Kunkala, M., & Aliperti, L.A. (2010). Sleeve Lobectomy: Current Indications and Future Directions. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 16, 310-318.
- Preena, P., Vineetha, S., Aneesha, V.A., Mohan, D., & Vibin, V. (2016). Applications of Endoscopy in Canine Medicine. *Veterinary Clinical Science*, 4(2), 19-22.
- Qian, J.K., Lu, S.Q., Zhao, Y.M., & Lu, J.H. (2011). Expression patterns of plasma von Willebrand factor and serum interleukin-8 in patients with early-stage severe pulmonary contusion. *World Journal of Emergency Medicine*, 2(2), 122-126.
- Reece, W.O. (2008). *Dükes veteriner fizyoloji*. (S. YILDIZ, Çev.) (s.131-160). 12. Baskı, Malatya: Medipres Yayıncılık.
- Rexin, P., Bartsch, D., & Kirschbaum, A. (2015). Local effects on lung parenchyma using a 600 µm bare fiber with the diode-pumped Nd:YAG laser LIMAX® 120. *Applied Sciences*, 5(4), 1560-1569. doi:10.3390/app5041560.
- Rieser, T.M. (2013). Arterial and venous blood gas analyses. *Topics in Companion Animal Medicine*, 28(3), 86-90. doi:10.1053/j.tcam.2013.04.002.
- Robinson, N.E. (2013). Respiratory Function. In B.G. KLEIN (Eds.), *Cunningham's textbook of veterinary physiology* (pp.495-540). 5th edition, St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Rolle, A., & Kozłowski, M. (2005). Laser resection of lung parenchyma – a new technical and clinical approach. *Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku*, 50, 193-196.
- Rolle, A., & Pereszlenyi, A. (2005). Laser resection of lung metastasis. *Multimedia Manual of Cardiothoracic Surgery*, 1-7, doi:10.1510/mmcts.2004.000570.
- Ryan, A., Borland, K., & Bradbrook, C. (2019). Anaesthesia in thoracic trauma. *Companion Animal*, 24(7), 364-371. doi:10.12968/coan.2019.0017.

- Rycke, L.M., Gielen, I.M., Simoens, P.J., & van Bree, H. (2005). Computed tomography and cross-sectional anatomy of the thorax in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 66(3), 512-524. doi:10.2460/ajvr.2005.66.512.
- Salcı, H. (2012). Toraks Bölgesinin Cerrahi Hastalıkları. In O. S. GÖRGÜL (Ed), *Veteriner özel cerrahi* (s.197-225). 1. Baskı, Malatya: Medipres.
- Salcı, H. (2017). *Köpeklerde pnömonektomi sonrası farklı bronş kapatma teknikleri* (pp.3-53). Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing.
- Saleem, A., Syed, W., Bhat, A., Nabi, L.G., Ashraf, Z., Naqshi, H., ... Kawoosa, N. (2019). Changes in blood gases and hemodynamic parameters in patients undergoing lung resection surgery and its clinical implications. *Journal of Cardio-Thoracic Medicine*, 7(1), 406-412. doi:10.22038/JCTM.2019.36250.1193.
- Scanagatta, P., Furia, S., Bille, A., Duranti, D., Girelli, L., Tavecchio, L.D., ... Ugo Pastorino, U. (2014). Thulium laser versus staplers for anatomic pulmonary resections with incomplete fissures: negative results of a randomized trial. *Tumori*, 100(3), 259-264. doi:10.1700/1578.17196.
- Schena, E., Saccomandi, P., & Fong, Y. (2017). Laser ablation for cancer: past, present and future. *Journal of Functional Biomaterials*, 8(19), 1-15. doi.org/10.3390/jfb8020019.
- Schmid, S., Le, U-T., Zeisel, C., Haager, B., & Passlick, B. (2018). Pulmonary metastasectomy in sarcoma – experiences with laser-assisted resection. *Journal of Thoracic Disease*, 10(1), 314-320. doi:10.21037/jtd.2017.12.06.
- Stefani, A., Oricchio, F., Cinquepalmi, A., Aramini, B., & Morandi, U. (2020). Is laser-assisted resection preferable to lobectomy for pulmonary metastasectomy? *Lasers in Medical Science*, 35, 611-620. doi:10.1007/s10103-019-02856-8.
- Tams, T.R., & Rawlings, C.A. (2011). *Small animal endoscopy* (pp.339, 479-482). 3rd Edition. St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Thierry, F., Handel, I., Hammond, G., King, L.G., Corcoran, B.M., & Schwarz, T. (2017). Further characterization of computed tomographic and clinical features for staging and prognosis of idiopathic pulmonary fibrosis in West Highland White terriers. *Veterinary Radiology And Ultrasound*, 58(4), 381-388. doi:10.1111/vru.12491.
- Thomas, G., & Isaacs, R. (2011). Basics principles of lasers. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 12(12), 574-577. doi:10.1016/j.mpaic.2011.09.013.
- Thrall, D.E. (2013). *Textbook of veterinary diagnostic radiology* (pp.608-631). 6th edition, St. Louis, Missouri, Elsevier.
- Topal, A. (2005). *Veteriner anestezi* (s.215-220). Bursa: Nobel & Güneş Kitapevi.
- Tucker, A. (2003). Respiratory pathophysiology. In D. Slatter (Eds.), *Textbook of Small Animal Surgery* (pp.781-797). 3rd Edition, Philadelphia Saunders.
- Venuta, F., Rolle, A., Anile, M., Martucci, N., Bis, B., & Rocco, G. (2010). Techniques used in lung metastasectomy. *Journal of Thoracic Oncology*, 5(6), 145-150. doi:10.1097/JTO.0b013e3181dcf76d.
- Yıldız, H., Salcı, H., Yıldız, B., & Bahadır, A. (2014). *Topoğrafik anatomi* (s.72-83). Bursa: Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, Yayın No: 2014-5.
- Yoon, H.Y., Lee, S., & Jeong, S.W. (2015). Intercostal thoracotomy in 20 dogs: muscle-sparing versus traditional techniques. *Journal of Veterinary Science*, 16(1), 93-98. doi:10.4142/jvs.2015.16.1.93.

Zhang, Y., Wang, R., Qian, K., Liu, L., Li, Y., Hu, M., ... Zhi, X. (2020). A retrospective comparative study of 2- μm thulium laser during thoracoscopic resection of pulmonary nodules. *Indian Journal of Surgery*, 82(6), 1021-1025. doi:10.1007/s12262-020-02146-6.



7. SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

±	: Artı-eksi işareti
+	: Artı işareti
-	: Eksi işareti
>	: Büyüktür
<	: Küçüktür
=	: Eşittir
%	: Yüzde işareti
®	: Tescil işareti
°	: Derece
*	: Asteriks
C	: Santigrat
Ca ⁺²	: Kalsiyum
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetre kare
Cl ⁻	: Klor
CO ₂	: Karbondioksit
dk	: Dakika
HCl	: Hidroklorür
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat
Hg	: Civa
Hz	: Hertz
H ₂ O	: Su
im.	: İntramuskuler
J	: Joule
K ⁺	: Potasyum
kg	: Kilogram
kW	: Kilowatt
L	: Litre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mmHg	: Milimetre civa
mmol	: Milimol
µm	: Mikrometre
µs	: Mikrosaniye
Na ⁺	: Sodyum
nm	: Nanometre
no	: Numara
p	: P değeri
PaCO ₂	: Parsiyel korbondioksit basıncı
PaO ₂	: Parsiyel oksijen basıncı
pg	: Pikogram

pH	: Potansiyel hidrojen
r	: Korelasyon katsayısı
sa	: Saat
sc.	: Subkutan
sn	: Saniye
SpO₂	: Oksijen saturasyonu
Q	: Kan akımı
V_A	: Alveoler ventilasyon
V_A/Q	: Ventilasyon/perfüzyon oranı

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Akd	: Akciğer deseni
Aöd	: Akciğer ödemi
Ark.	: Arkadaşları
Atl	: Atelektazi
Bas	: Basofil
BOS	: Beyin omurilik sıvısı
BT	: Bilgisayarlı tomografi
CNS	: Merkezi sinir sistemi
D	: Derinlik
DV	: Dorsoventral
DRG	: Dorsal respirasyon grubu
EDTA	: Etilendiamin tetraasetik asit
Eos	: Eozinofil
FGF	: Fibroblast büyüme faktörü
G	: Genişlik
GaAIAs	: Gallium alüminyum arsenid
GRI	: Grup I
GRII	: Grup II
GRIII	: Grup III
H&E	: Hematoksilen eozin
Hct	: Hematokrit
Hgb	: Hemoglobün
IL	: İnterlökin
KGF	: Keratinosit büyüme faktörü
Lym	: Lenfosit
Mon	: Monosit
MRG	: Manyetik rezonans görüntüleme
NaCl	: Sodyum klorür
Nd: YAG	: Neodymium yttrium alüminyum garnet
Neu	: Nötrofil
Ort	: Ortalama
PEEP	: Pozitif ekspirasyon sonu basıncı
Pef	: Plevral efüzyon
Par	: Parametre
PLT	: Trombosit
Pme	: Pnömomediastinum

Pnö	: Pnömotoraks
Pulz	: Pulzasyon
R	: Sağ taraf
RBC	: Eritrosit
Ref	: Referans aralığı
Resp	: Respirasyon
Ska	: Subkutan amfizem
Std dev	: Standart sapma
vb	: Ve benzeri
VD	: Ventrodorsal
VEGF	: Vasküler endotel büyüme faktörü
VRG	: Ventral respirasyon grubu
W	: Watt
WBC	: Total lökosit



8. EKLER

EK 1

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU (HADYEK)

Sayı: B.30.2.ULU.0.8Z.00.00/127
Konu: Araştırma Projeniz

07.11.2018

Sayın Prof. Dr. Hakan SALCI

Yürütücüsü olduğunuz “*Akciğer lob kama (wedge) rezeksiyonunda non-kontakt diyoit lazer uygulamalarının anlık ve postoperatif erken dönem sonuçlarının araştırılması*” isimli çalışmanız Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu’nun 07.11.2018 tarihli toplantısında görüşülmüş olup kurul kararı ekte sunulmuştur. Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Kaşım ÖZLÜK
HADYEK Başkanı

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU
Görükle Yerleşkesi, 16059 Nilüfer/ BURSA-TÜRKİYE
ARAŞTIRMA BAŞVURUSU ONAYI

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN ADI	<i>Akciğer lob kama (wedge) rezeksiyonunda non-kontakt diyet lazer uygulamalarının anlık ve postoperatif erken dönem sonuçlarının araştırılması</i>
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ KURUMU	Prof. Dr. Hakan SALCI BUÜ Veteriner Fakültesi Cerrahi AD
	YARDIMCI ARAŞTIRICILAR	Araş.Gör. Vildan ASLAN
	ARAŞTIRMANIN NİTELİĞİ	Vildan ASLAN'ın Doktora Tez Projesi
	ARAŞTIRMANIN SÜRESİ	01.12.2018 – 01.12.2020
	KULLANILACAK HAYVAN TURU VE SAYISI	21 Adet Erkek – Dişi Tavşan

DEĞERLENDİRİLEN İLGİLİ BELGELER	Belge Adı	Tarihi
	ARAŞTIRMA BAŞVURU FORMU	15.10.2018

KARAR BİLGİLERİ	Karar No : 2018 - 13 / 02	Tarih : 07.11.2018
	<p>Yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma projesi gerekçe, amaç ve yöntemler dikkate alınarak görüşüldü ve ilgili belgeler incelendi. Projenin etik açıdan uygun olduğuna, çalışmanın aşağıdaki hususlar dikkate alınarak yürütülmesine ve sorumlu araştırmacıya iletilmesine oy birliği/oy çokluğu ile karar verildi.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Projede herhangi bir değişiklik gerektiğinde kurulumuzdan onay alınması, 2) Projede çalışacağı bildirilen araştırmacılarda değişiklik olduğunda kurulumuzdan onay alınması, 3) Deneysel hayvanları üzerinde yapılacak girişimin başlangıç ve bitiş tarihinin bildirilmesi, 4) Çalışma süresinde tamamlanamaz ise ek süre talebinde bulunulması, 5) Çalışma tamamlandığında sonuç raporunun gönderilmesi. 	

ETİK KURUL BİLGİLERİ

ÜYELER

Unvanı / Adı / Soyadı EK Üyeligi	Uzmanlık Dalı	Kurumu	İlişki (*)	İmza		Düşünceler
				Kabul	Ret	
Prof. Dr. Kasım ÖZLÜK Başkan	Tıp- Fizyoloji	Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Prof. Dr. Levent BÜYÜKUYSAK Başkan Yardımcısı	Tıp- Farmakoloji	Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Prof. Dr. Erdoğan ŞENDEMİR Üye	Tıp - Anatomi	Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Prof. Dr. M. Müfit KAHRAMAN Üye	Vet- Patoloji	Veteriner Fakültesi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Prof. Dr. Ayşe TOPAL Üye	Vet- Cerrahi	Veteriner Fakültesi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Prof. Dr. Aydın IPEK Üye	Ziraat- Zootečni	Ziraat Fakültesi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Prof. Dr. Sibel TAŞ Üye	Fen Edebiyat - Biyoloji	Fen Edebiyat Fakültesi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Sema ÖZKAN Üye	Sivil Toplum Kuruluş Üyesi	Makine Mühendisi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Taner GÜLER Üye	Sivil Toplum Kuruluş Üyesi	Ziraat Yüksek Mühendisi	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			
Faruk KÜÇÜKYILDIZ Üye	Veteriner Hekim	BUÜ-DEHYUAM	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H			

* Araştırma ile İlişkisi

9. TEŞEKKÜR

Lisans eğitimi dönemimden beri çalışma disiplini örnek aldığım, doktora eğitimim sürecinde yakından tanıma ve çalışma fırsatına sahip olduğum, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, sadece bilimsel olarak değil aynı zamanda manevi olarak da yanımda olan, emekleri ve özverisi için sonsuz minnettar olduğum, öğrencisi olmaktan her zaman onur ve gurur duyduğum değerli Danışman Hocam Prof.Dr.Dr. Hakan SALCI'ya, tez çalışma sürecimde özveri, bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli Hocam Prof.Dr. Ahmet Sami BAYRAM'a, tanımaktan mutluluk duyduğum, zamanını ayırarak tezime sağladığı katkılar ve hoş sohbetlerinden dolayı değerli Hocam Doç.Dr. Hülya ÖZTÜRK NAZLIOĞLU'na, doktora sürecim boyunca manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, örnek aldığım canım ablam, değerli Hocam Dr.Öğr.Üyesi Emsal Sinem ÖZDEMİR SALCI'ya, doktora eğitimim sürecimde bilgi, beceri, tecrübe ve özverileriyle katkı sağlayan Cerrahi Anabilim Dalı'ndaki tüm değerli Hocalarıma, tez çalışmamda destekleriyle en az benim kadar emek veren değerli çalışma arkadaşlarıma, hayatımı anlamlı kılan her anda yanımda olarak tüm zorlukları benimle birlikte göğüsleyen, maddi ve manevi her koşulda destek olan Öğr.Gör.Dr. Uygur CANATAN'a ve bu günlere gelmemde emeği tartışılmaz büyük olan, desteklerini her zaman hissettiğim, her kararımdaya yanımda olan aileme minnettarlığımı belirterek sonsuz teşekkür ederim.

10. ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimimi İstanbul'da, üniversite eğitimimi ise 2013 yılında Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi'nde tamamladım. Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı kapsamında, 2014 yılında Çukurova Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandım. Aynı yıl, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu'nda 6 aylık dil eğitimimi tamamladım. Doktora eğitimime ise 2015 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı'nda başladım.

