adem kılıç

Adem Tez 28temmuz.docx

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Document Details

Submission ID
trn:oid:::3117:610857340

Submission Date
Jul 28, 2026, 12:30 PM GMT+3

Download Date
Jul 28, 2026, 12:34 PM GMT+3

File Name
Adem Tez 28temmuz.docx

File Size
7.1 MB

82 Pages

16,829 Words

117,528 Characters

5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

4% Internet sources
4% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

4% Internet sources
4% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
acikbilim.yok.gov.tr		<1%
2	Internet	
dspace.ankara.edu.tr		<1%
3	Internet	
www.ekmud.org.tr		<1%
4	Internet	
dergipark.org.tr		<1%
5	Internet	
www.researchgate.net		<1%
6	Internet	
openaccess.bezmialem.edu.tr		<1%
7	Publication	
Dal, Ahmet Bahadır. "Acil serviste pulmoner tromboemboli tanısı için klinik tahmi...		<1%
8	Internet	
openaccess.ogu.edu.tr:8080		<1%
9	Internet	
revistanutricionclinicametabolismo.org		<1%
10	Internet	
search.trdizin.gov.tr		<1%
11	Publication	
Andrea Carsetti, Massimiliano Sorbello, Erica Adrario, Abele Donati, Stefano Falce...		<1%

12 Internet
acikerisim.uludag.edu.tr <1%

13 Internet
app.edutechres.com <1%

14 Internet
openaccess.iste.edu.tr <1%

15 Internet
pmc.ncbi.nlm.nih.gov <1%

16 Internet
acikerisim.ybu.edu.tr:8080 <1%

17 Internet
d2v96fxpocvxx.cloudfront.net <1%

18 Publication
MUSLU, Bünyamin, USTA, Burhanettin, GÖZDEMİR, Muhammet, YAZICIOĞLU, Rüv... <1%

19 Publication
Alevtina Ersoy, Ceyda Tanoğlu, Hasan Yaşar, Tuğçe Özdemir Gültekin. "Demograp... <1%

20 Internet
books.akademisyen.net <1%

21 Publication
"EUROANAESTHESIA 2006: Annual Meeting of the European Society of Anaesthesi... <1%

22 Publication
Güney, İbrahim Afşın. "Septik şoktaki hastalarda sistemik vasküler direnç indeksi ... <1%

23 Internet
dspace.trakya.edu.tr:8080 <1%

24 Internet
flore.unifi.it <1%

25 Internet
jisikworld.com <1%

26	Publication	Sümer, İsmaïl. "Laparaskopik sleeve gastrektomi ameliyatında recruitment mane... <1%
27	Internet	actaoncologicaturcica.com <1%
28	Internet	journals.lww.com <1%
29	Internet	www.ncbi.nlm.nih.gov <1%
30	Publication	Çuğlan, Songül. "Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı Olanlarda Alevlenme ve Stab... <1%
31	Publication	Serdar Demirgan, Emine Tozan Özyuvacı, Tolga Totoz, Başak Kutluyurdu, Ferhat Ç... <1%
32	Internet	acikerisim.bartin.edu.tr <1%
33	Internet	acikerisim.baskent.edu.tr:8080 <1%
34	Internet	acikerisim.kirklareli.edu.tr:8080 <1%
35	Internet	doczz.es <1%
36	Internet	nicelanaliz.com <1%
37	Internet	pediatrigunleri2022.org <1%
38	Internet	worldwidescience.org <1%
39	Internet	www.igdir.edu.tr <1%

40 Internet

www.turkishobesitysurgery.com <1%

41 Publication

Контић, Марко. "Утицај Селективне Ласер Трабекулопластике на Висину Инт... <1%

42 Publication

Benlī, Ayşenur. "COVID-19 sürecinde bireylerdeki tedbir alma davranışlarının baş ... <1%

43 Publication

Chaudhary, Kanika. "A Comparative Study Between Conventional Methods and C... <1%

44 Publication

Hilal BERBER ÇİFTCİ, Seyhun TOPBAŞ. "Turkish Adaptation of Modified Mann Swal... <1%

45 Publication

Pekel, Emel. "Epidural mesafe ile antropometrik ölçümleri korelasyonu", Dokuz E... <1%

46 Internet

docplayer.biz.tr <1%

47 Internet

geriatri.dergisi.org <1%

48 Internet

oftalmoloji.org <1%

49 Publication

Şenol, Deniz. "Mallampati Skorlamasına Etki Eden Anatomik Yapıların Antropome... <1%

50 Publication

Luke Burton, Vidit Bhargava. "A Scoping Review of Ultrasonographic Techniques i... <1%

51 Publication

Michael Gottlieb, Stephanie C DeMasi, Jonathan D Casey, Matthew W Semler, Kevi... <1%

52 Publication

AKELMA, Hakan, YILDIRIM BAYSAL, Zeynep, KARAMAN, Haktan, OĞUZ, Abdullah, ... <1%

53 Publication

Karaca, Nihal. "2-12 Yaş Arası Çocuk Hastalarda Truview Laringoskop Ile Macintos... <1%

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

ELEKTİF CERRAHİ PLANLANAN HASTALARDA ULTRASONOGRAFİK HAVA YOLU DEĞERLENDİRMESİNİN, ZOR LARİNGOSKOPİYİ ÖNGÖRMEDE MODİFİYE MALLAMPATİ SKORU İLE ETKİNLİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Adem KILIÇ

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tülay Ceren ÖLMEZTÜRK KARAKURT

ERZİNCAN
2026

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

ELEKTİF CERRAHİ PLANLANAN HASTALARDA ULTRASONOGRAFİK HAVA YOLU DEĞERLENDİRMESİNİN, ZOR LARİNGOSKOPİYİ ÖNGÖRMEDE MODİFİYE MALLAMPATİ SKORU İLE ETKİNLİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Adem KILIÇ

8

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tülay Ceren ÖLMEZTÜRK KARAKURT

ERZİNCAN
2026

ETİK BEYAN

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Tıp Fakültesi Dekanlığı'na,

Tıpta Uzmanlık Tezi olarak hazırlayıp sunduğum "Elektif Cerrahi Planlanan Hastalarda Ultrasonografik Hava Yolu Değerlendirmesinin, Zor Laringoskopiyi Öngörmede Modifiye Mallampati Skoru ile Etkinliğinin Karşılaştırılması" başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan araştırma tarafımca yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Bu tez çalışmasıyla ilgili tüm süreçler Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından, 25/12/2025 tarihinde, 2025-23/07 numaralı kararla onaylanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Adem KILIÇ
Tarih:
İmza:

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca klinik düşünce yapımın ve mesleki kimliğimin şekillenmesinde belirleyici rol oynayan, iş ahlakı, bilimsel titizliği ve liderlik duruşuyla her koşulda örnek aldığım, sorun çözme süreçlerinde rasyonel ve dengeli bir yaklaşım geliştirmeme katkı sağlayan, öğrencilerine ve hastalarına gösterdiği özverinin ötesinde, beni hep cesaretlendiren ve yalnız bırakmayan değerli hocam Prof. Dr. Ufuk KUYRUKLUYILDIZ'a,

Rejyonel anestezi alanındaki derin bilgi birikimi ve özgün deneyimleriyle bana ilham veren, ultrason eşliğinde blok uygulamalarını bana öğreten ve bu alanı sevdiren, yenilikçi yaklaşımı, babacan ve samimi tavrıyla her daim güven veren, tez sürecimin her aşamasında kısıtlı zamanını sabırla ve ilgiyle bana ayıran, ihtiyaç duyduğum her anda fikrini alabildiğim değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Fethi AKYOL'a,

Asistanlık sürecimin her döneminde samimi ve içten yaklaşımıyla desteğini hissettiren, sorularımda ve zorlu anlarımda her zaman vakit ayırarak yol gösteren, pozitif enerjisi ve neşesiyle kliniği daha yaşanılır kılan değerli hocam Doç. Dr. Hakan Gökalp TAŞ'a,

Uzmanlık tezimin belirlenmesinden tamamlanmasına uzanan tüm süreçte çalışmanın bilimsel çerçevesinin oluşturulmasında aktif ve yönlendirici rol üstlenen, akademik tutarlılık ve eleştirel değerlendirme konularında her aşamada kılavuzluk eden, etik duruşu, ciddiyeti ve çalışkanlığıyla bana hem mesleki hem de insani anlamda yol gösteren, bu süreci yalnızca akademik değil, insani açıdan da sürdürülebilir kılan, her koşulda desteğini esirgemeyen kıymetli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tülay Ceren ÖLMEZTÜRK KARAKURT'a,

Birlikte çalışma fırsatı bulduğumuz dönemde bilgi birikimi ve tecrübelerini bizlere aktarmaktan hiçbir zaman kaçınmayan, kliniğimizden tayin sebebiyle ayrılmış olsa da öğrettikleri ve kattıklarıyla mesleki pratiğimde iz bırakan, desteğini her daim minnetle hatırlayacağım değerli hocam Prof. Dr. Didem ONK'a,

Asistanlık eğitimim boyunca bu meşakkatli yolu omuz omuza yürüdüğüm, yoğun nöbet şartlarında uykusuzluğu, yorgunluğu, hüznü ve sevinci birlikte paylaştığım, yardımlaşma ve dayanışma ruhuyla her zorluğu daha kolay katlanılabilir kılan tüm asistan ve uzman hekim çalışma arkadaşlarıma,

Hayatıma girdiği günden bu yana her koşulda yanımda olan, bu sürecin getirdiği tüm yükü sabırla ve sevgiyle benimle birlikte taşıyan, desteğiyle ve varlığıyla bana güç, huzur ve neşe katan sevgili eşime ve bu mesleği icra etmemin en güzel sebebi, hayatımın en büyük iyisi, yaşama sevincim olan biricik çocuklarıma,

Sevgi ve saygıyla sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN ii
ÖZGÜNLÜK RAPORU ..... **Error! Bookmark not defined.**
ÖNSÖZ iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER VE KISALTMALAR vi
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
TABLOLAR DİZİNİ ix
TÜRKÇE ÖZET 1
ABSTRACT 3
GİRİŞ VE AMAÇ 5
GENEL BİLGİLER 7
1. Üst Hava Yolu Genel Yapısı ve Fonksiyonel Biyomekaniği 7
1.1. Üst Hava Yolunun Kemik ve Eklem Yapıları 10
1.2. Üst Hava Yolunun Kas Anatomisi 11
1.3. Fasiyal Alanlar ve Pre-epiglottik Boşluk (PES) 12
1.4. Direkt Laringoskopinin Biyomekaniği ve Üç Eksen Teorisi 13
2. Genel Anestezinin Üst Hava Yoluna Etkileri ve Fizyopatoloji 15
3. Zor Hava Yolu Kavramı ve Uluslararası Kılavuzlar 17
3.1. Zor Maske Ventilasyonu 19
3.2. Zor Laringoskopi ve Cormack-Lehane Sınıflaması 19
3.3. Beklenmeyen Zor Hava Yolunun Morbidite ve Mortaliteye Etkisi 22
4. Hava Yolu Değerlendirmesinde Biyoistatistiksel Kavramlar 22
5. Preoperatif Zor Hava Yolu Değerlendirmesi 23
5.1. Klasik Fizik Muayene Testlerinin Anatomik ve İstatistiksel Analizi 25
5.1.1 Modifiye Mallampati Skoru (MMS) 25
5.1.2. Tiromental Mesafe (TMD) ve Sternomental Mesafe (SMD) 27
5.1.3. Üst Dudak Isırma Testi (ULBT- Upper Lip Bite Test) 28
5.1.4. Çoklu (Multivaryant) Skorlama Sistemleri ve Kısıtlılıkları 29
6. Ultrasonografi Kullanımı ve Hasta Başı Ultrasonografi (POCUS) 30
6.1. Ultrasonografinin Temel Fiziksel Prensipleri ve Prob Seçimi 30
6.2. Üst Hava Yolu Sonoanatomisi ve Ultrasonografik İşaretleyiciler 31
7. Spesifik Ultrasonografik Hava Yolu Parametrelerinin Literatür Analizi 31
7.1. Dil Kökü Kalınlığı ve Hacmi 31

7.2. Hiyomental Mesafe ve Hiyomental Mesafe Oranı (HMDR) 32
7.3. Cilt-Epiglot Mesafesi (Distance from Skin to Epiglottis- DSE, CEM) 34
7.4. Diğer Ultrasonografik Parametreler 36
7.5. Ultrasonografik Değerlendirmede Zaman Maliyeti ve Uygulanabilirlik 37
7.6. DARES Protokolü: Standardize Bir Ultrasonografik Yaklaşım 37
GEREÇ ve YÖNTEM 40
İstatistik 43
BULGULAR 44
TARTIŞMA 58
SONUÇ ve ÖNERİLER 70
KAYNAKLAR ..... **Error! Bookmark not defined.**
EKLER 71
HASTA TAKİP FORMU 71

SİMGELER VE KISALTMALAR

AA : Ağız Açıklığı

ANST : Anterior Neck Soft Tissue (Ön Boyun Yumuşak Doku)

ASA : American Society of Anesthesiologists (Amerikan Anesteziyologlar Derneği)

AUC : Area Under the Curve (Eğri Altındaki Alan)

AUROC : Area Under the ROC Curve (ROC Eğrisi Altındaki Alan)

BMI : Body Mass Index (bkz. VKİ)

BT : Bilgisayarlı Tomografi

CEM : Cilt-Epiglot Mesafesi (Distance from Skin to Epiglottis)

CICO : Cannot Intubate, Cannot Oxygenate (Entübe/Oksijenize Edilemez)

CL : Cormack-Lehane

ÇAA : Çeyrekler Arası Aralık (Interquartile Range, IQR)

DARES : Difficult Airway Evaluation with Sonography (Sonografi ile Zor Hava Yolu Değerlendirmesi)

DAS : Difficult Airway Society

DKK : Dil Kökü Kalınlığı

DSE : Distance from Skin to Epiglottis (bkz. CEM)

DSHB : Distance from Skin to Hyoid Bone (Cilt-Hiyoid Kemik Mesafesi)

DSVC : Distance from Skin to Vocal Cords (Cilt-Vokal Kord Mesafesi)

EGRI : El-Ganzouri Risk Index

EKG : Elektrokardiyografi

$EtCO_2$: End-tidal Karbondioksit (Soluk Sonu Karbondioksit)

FONA : Front of Neck Access (Boyun Önü Erişimi)

FRC : Functional Residual Capacity (Fonksiyonel Rezidüel Kapasite)

GA : Güven Aralığı (Confidence Interval, CI)

HFNO : High-Flow Nasal Oxygen (Yüksek Akışlı Nazal Oksijen)

HMD : Hyomental Distance (Hiyomental Mesafe) (bkz. HME / HMN)

HMDR : Hyomental Distance Ratio (Hiyomental Mesafe Oranı)

HME : Hiyomental Mesafe (ekstansiyon pozisyonunda)

HMN : Hiyomental Mesafe (nötr pozisyonda)

LEMON: Look, Evaluate, Mallampati, Obstruction, Neck mobility

MMS : Modifiye Mallampati Skoru

MRG : Manyetik Rezonans Görüntüleme

NAP4 : 4th National Audit Project

NIV : Non-Invasive Ventilation (Non-İnvaziv Ventilasyon)

NPV : Negative Predictive Value (Negatif Prediktif Değer)

OR : Odds Ratio (Olasılık Oranı)

OSAS : Obstructive Sleep Apnea Syndrome (Obstrüktif Uyku Apne Sendromu)

PES : Pre-Epiglottic Space (Pre-epiglottik Boşluk)

POCUS : Point-of-Care Ultrasound (Hasta Başı Ultrasonografi)

PPV : Positive Predictive Value (Pozitif Prediktif Değer)

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

ROC : Receiver Operating Characteristic

SMD : Sternomental Distance (Sternomental Mesafe)

SpO_2 : Periferik Oksijen Satürasyonu

STARD : Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies

TMD : Thyromental Distance (Tiromental Mesafe)

TME / TMJ: Temporomandibular Eklem / Temporomandibular Joint

ULBT : Upper Lip Bite Test (Üst Dudak Isırma Testi)

USG : Ultrasonografi

VKİ : Vücut Kitle İndeksi (Body Mass Index, BMI)

VL : Videolaringoskopi

ZMV : Zor Maske Ventilasyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Farinks Median Kesit. 9
Şekil 2. Farinks açılmış arkadan görünüm. 10
Şekil 3. Larinks ve Preepiglottik alanın sagittal gösterimi (35). 13
Şekil 4. Baş ve boyun MR taraması. 14
Şekil 5. DAS 2025 Zor Havayolu Algoritma özeti (Şematik) 18
Şekil 6. Orijinal Cormack Lehane Sistemi. 21
Şekil 7. Mallampati skoru (59, 60) 26
Şekil 8. Boyun Ölçümleri. 28
Şekil 9. Suprahiyoid pozisyonda hiyomental mesafe (HMD) ölçümü. 33
Şekil 10. Suprahiyoid Görünüm. 34
Şekil 11. Tirohiyoid Görünümü. 36
Şekil 12. Üst Hava Yolu POCUS görüntüleme pencereleri (75). 38
Şekil 13. DARES Protokolü. 39
Şekil 14. Ultrasonografik Parametreler 42
Şekil 15. Hasta Akış Şeması: STARD 44
Şekil 16 Demografik bilgiler 45
Şekil 17. Cormack-Lehane dereceleri ve kolay/zor laringoskopi grubu. 46
Şekil 18. Mallampati skorunun zor laringoskopiyi öngörmedeki performansı 48
Şekil 19. Mallampati Skoru evrelerine göre kolay ve zor laringoskopi olgularının dağılımı 49
Şekil 20. Hava yolu ölçümlerinin kolay ve zor laringoskopi gruplarına göre dağılımı 51
Şekil 21. Klinik muayene ve ultrasonografik değerlendirme sürelerinin dağılımı 52
Şekil 22. Ultrasonografik parametrelerin ROC eğrileri 55
Şekil 23. Geleneksel parametrelerin ROC eğrileri 56

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Cormack-Lehane Sınıflaması 20
Tablo 2. Kolay ve zor laringoskopi gruplarının demografik ve klinik özellikleri. 45
Tablo 3. Mallampati ve Cormack-Lehane değerlendirmelerinin çapraz sınıflandırması 47
Tablo 4. Mallampati'nin Cormack-Lehane'ye göre tanısal performansı..... 47
Tablo 5. Kolay ve zor laringoskopi gruplarının hava yolu ölçümlerine göre karşılaştırması.. 50
Tablo 6. Klinik muayene ve USG değerlendirmenin uygulama sürelerinin karşılaştırması ... 51
Tablo 7. Zor laringoskopinin bağımsız öngörücülerinin binary lojistik regresyon analizi 53
Tablo 8. Ölçümlerin kesim değerlerine göre tanısal performansı. 54
Tablo 9. Bağımsız değişkenlerin tanısal performanslarının DeLong karşılaştırılması..... 56

TÜRKÇE ÖZET

Amaç: Beklenmeyen zor laringoskopi, anesteziye bağlı morbidite ve mortalitenin önemli nedenleri arasındadır. Non-invaziv, taşınabilir ve radyasyon içermeyen bir yöntem olan hasta başı ultrasonografi (USG), hava yolu yumuşak dokularının objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada, elektif cerrahi planlanan erişkin hastalarda ultrasonografik hava yolu ölçümlerinin zor laringoskopiyi öngörmedeki tanısal doğruluğunu; modifiye Mallampati skoru (MMS) ve geleneksel fizik muayene testleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mengücek Gazi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Ocak–Mayıs 2026 tarihleri arasında, genel anestezi altında orotrakeal entübasyon planlanan, 18–65 yaş arası, ASA I–III ve vücut kitle indeksi <35 kg/ m² olan 247 erişkin hasta prospektif ve gözlemsel olarak incelendi. Tüm hastalara öncelikle MMS, tiromental mesafe ve ağız açıklığı ölçümleri uygulandı; ardından USG konusunda deneyimli ve klinik verilere kör bir anestezi hekimi tarafından dil kökü kalınlığı, hiyomental mesafe oranı (HMDR) ve cilt-epiglot mesafesi (CEM) ölçümleri gerçekleştirildi. Laringoskopi ve Cormack-Lehane (CL) derecelendirmesini yapan anestezi hekimi ise hastanın hem fizik muayene hem de USG verilerine kördü. Çalışmada CL evre III ve IV "zor laringoskopi" olarak tanımlandı ve referans standart olarak kabul edildi. Her iki değerlendirme yönteminin uygulama süreleri de ayrıca kaydedildi.

Bulgular: Çalışmada zor laringoskopi sıklığı %13,4 (33/247) olarak saptandı. Zor laringoskopi grubunda yaş medyanı (54'e karşı 46; p=0,029) ve vücut kitle indeksi (p=0,001) istatistiksel olarak daha yüksekken, cinsiyet dağılımı açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı. Geleneksel testlerden tiromental mesafe (p=0,001) ve ağız açıklığı (p=0,041) zor laringoskopi grubunda daha kısa saptandı; ancak bu parametrelerin tanısal ayrım gücü USG ölçümlerine kıyasla daha zayıf kaldı. Ekstansiyonda ölçülen hiyomental mesafe (AUC=0,883; sınır değer <55,80 mm), HMDR (AUC=0,871; sınır değer <1,09) ve CEM (AUC=0,857; sınır değer >22,25 mm) parametrelerinin zor laringoskopiyi öngörmede yüksek bir tanısal doğruluğa (iyi düzeyde) sahip olduğu görüldü. Yaş ve cinsiyete göre düzeltilmiş çok değişkenli lojistik regresyon analizinde; CEM, HMDR, tiromental mesafe ve vücut kitle indeksi bağımsız birer öngörücü olarak kalırken, ağız açıklığı ve dil kökü kalınlığı istatistiksel anlamlılığını yitirdi. Karşılaştırmalı analizlerde, USG parametreleri Mallampati skoruna (AUC=0,813) kıyasla sayısal olarak daha yüksek AUC değerleri sergilemesine rağmen aradaki fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmadı. USG değerlendirmesinin klinik muayeneye kıyasla medyan olarak 17

saniye daha uzun sürdüğü ve bu sürenin özellikle zor laringoskopi grubundaki hastalarda belirgin şekilde uzadığı kaydedildi.

Sonuç: Ekstansiyondaki hiyomental mesafe, HMDR ve CEM, zor laringoskopiyi öngörmede objektif, güvenilir ve klinik pratikte uygulanabilir yöntemlerdir. Bu ölçümler, tiromental mesafe gibi geleneksel testlerden daha üstün bir performans sergilerken, Mallampati skoruyla benzer bir tanısal başarı sunmaktadır. Elde ettiğimiz bulgular; ultrasonografinin Mallampati testini dışlayan değil, onu destekleyen tamamlayıcı bir araç olduğunu ve özellikle şüpheli vakalarda HMDR ve CEM ölçümlerinin preoperatif öngörü başarısını artırabileceğini ortaya koymaktadır. İşlemin gerektirdiği ek sürenin kısalığı, bu yöntemin rutin hava yolu değerlendirmesine kolaylıkla entegre edilebileceğini göstermektedir. Çalışmamızın tek merkezli yapısı ve morbid obezite kısıtlaması göz önüne alındığında, saptadığımız eşik değerlerin daha geniş kapsamlı ve çok merkezli çalışmalarla doğrulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Zor laringoskopi, hava yolu ultrasonografisi, cilt-epiglot mesafesi, hiyomental mesafe oranı, Mallampati skoru.

ABSTRACT

Aim: Unexpected difficult laryngoscopy is a major cause of anesthesia-related morbidity and mortality. Point-of-care ultrasonography (USG), a non-invasive, portable, and radiation-free method, allows for the objective evaluation of airway soft tissues. This study aimed to comparatively evaluate the diagnostic accuracy of ultrasonographic airway measurements in predicting difficult laryngoscopy against the modified Mallampati score (MMS) and traditional physical examination tests in adult patients scheduled for elective surgery.

Materials and methods: This prospective, observational study included 247 adult patients (aged 18–65 years, ASA I–III, and body mass index <35 kg/m2) scheduled for orotracheal intubation under general anesthesia at Erzincan Binali Yildirim University Mengucek Gazi Training and Research Hospital between January and May 2026. Initially, MMS, thyromental distance, and mouth opening measurements were performed on all patients. Subsequently, an anesthesiologist experienced in USG and blinded to the clinical data measured tongue base thickness, hyomental distance ratio (HMDR), and distance from skin to epiglottis (DSE). The anesthesiologist performing the laryngoscopy and Cormack-Lehane (CL) grading was blinded to both the physical examination and USG data. CL grades III and IV were defined as "difficult laryngoscopy" and considered the reference standard. The application times for both assessment methods were also recorded.

Results: The incidence of difficult laryngoscopy was 13.4% (33/247). The median age (54 vs. 46; p=0.029) and body mass index (p=0.001) were significantly higher in the difficult laryngoscopy group, while there was no significant difference in gender distribution. Among the traditional tests, thyromental distance (p=0.001) and mouth opening (p=0.041) were significantly shorter in the difficult group; however, the diagnostic discrimination of these parameters was weaker compared to USG measurements. Hyomental distance measured in extension (AUC=0.883; cut-off <55.80 mm), HMDR (AUC=0.871; cut-off <1.09), and DSE (AUC=0.857; cut-off >22.25 mm) demonstrated high ("good" level) diagnostic accuracy in predicting difficult laryngoscopy. In the multivariate logistic regression analysis adjusted for age and gender, DSE, HMDR, thyromental distance, and body mass index remained independent predictors, whereas mouth opening and tongue base thickness lost their statistical significance. In comparative analyses, although USG parameters exhibited numerically higher AUC values compared to the Mallampati score (AUC=0.813), the difference did not reach

statistical significance. The USG assessment took a median of 17 seconds longer than the clinical examination, and this duration was notably prolonged specifically in patients within the difficult laryngoscopy group.

Conclusions: Hyomental distance in extension, HMDR, and DSE are objective, reliable, and clinically applicable methods for predicting difficult laryngoscopy. While outperforming traditional tests like thyromental distance, these measurements offer a diagnostic success similar to the Mallampati score. Our findings indicate that ultrasonography is not an alternative that excludes the Mallampati test, but rather a complementary tool, and that HMDR and DSE measurements can enhance preoperative predictive success, particularly in borderline or suspicious cases. The short additional time required for the procedure indicates that this method can be easily integrated into routine airway assessments. Given the single-center nature of our study and the exclusion of morbidly obese patients, the cut-off values determined need to be validated by more comprehensive, multicenter studies.

Keywords: Difficult laryngoscopy, airway ultrasonography, distance from skin to epiglottis, hyomental distance ratio, Mallampati score.

GİRİŞ VE AMAÇ

Hava yolu yönetimi, anesteziyoloji ve reanimasyon pratiğinin en temel ve hayat kurtarıcı bileşenlerinden biridir. Entübasyon veya ventilasyonun sağlanamadığı (cannot intubate, cannot ventilate) senaryolar nadir görülse de anesteziye bağlı morbidite ve mortalitenin önde gelen nedenleri arasındadır (1-3). Literatürde zor laringoskopi ve entübasyon insidansının operasyonun türüne ve hastanın anatomik yapısına bağlı olarak %1,5 ile %13 arasında değiştiği bildirilmektedir (4). Beklenmeyen zor hava yolu senaryoları; diş hasarları, hava yolu yumuşak doku travmaları, uzamış hipoksi, hipoksik iskemik beyin hasarı ve kardiyak arrest gibi sonuçlara kadar uzanan geniş bir komplikasyon yelpazesine yol açabilmektedir (5). Amerikan Anesteziyologlar Derneği (ASA) ve Zor Hava Yolu Derneği (DAS) gibi güncel kılavuzlar, zor hava yolunun preoperatif dönemde yüksek doğruluk ile öngörülmesinin, gerekli ekipman temini ve alternatif hava yolu hazırlıklarının (uyanık fiberoptik entübasyon, video laringoskopi vb.) önceden planlanmasının önemini vurgulamaktadır. McNarry ve Patel'in çalışmasında video laringoskopi ve supraglottik cihazların kullanımının artması ile insan faktöründe artan farkındalık sayesinde, hava yolu yönetiminin son 25 yılda köklü bir dönüşüm geçirdiğinden bahsetmektedir (6).

Güncel pratikte, preoperatif hava yolu değerlendirmesinde Modifiye Mallampati Skoru (MMS), tiromental mesafe, sternomental mesafe, ağız açıklığı ve üst dudak ısırma testi (ULBT) gibi geleneksel fizik muayene yöntemleri kullanılabilmektedir. Ancak birçok çalışmada, bu klasik tarama testlerinin zor laringoskopiyi öngörmede tek başlarına yeterli olmadığı, sensitivite ve spesifite oranlarının geniş bir yelpazede olduğu saptanmıştır (7, 8). Özellikle en sık kullanılan parametre olan Mallampati skorunun zor hava yolunu öngörme oranının oldukça sınırlı olduğu, zor entübasyon vakalarının %65'ini atlayabildiği (yüksek yanlış negatiflik oranı) bildirilmiştir (7). Bu kısıtlılıklar aslında söz konusu testlerin hastanın uyum ve iletişimine bağımlı olması, konuşmadan etkilenmesi, değerlendiriciler arasında farklılıklara açık subjektif veriler sunmasındandır. Ayrıca derin anatomik yapıları dolaylı yoldan değerlendirmesi de bu kısıtlılıkların nedenlerindendir (9). Fizik muayene testlerinin pozitif prediktif değerlerinin (PPV) düşük kalması, daha objektif, tekrarlanabilir ve anatomik temelli güvenilir yöntemlere olan ihtiyacı göstermektedir.

Son yıllarda, hasta başı ultrasonografi (Point-of-Care Ultrasound POCUS); non-invaziv, taşınabilir, radyasyon içermeyen ve gerçek zamanlı bir görüntüleme modalitesi olarak anestezi pratiğinde kabul görmektedir (10). Hava yolu ultrasonografisi ile larinks, farinks, dil kökü, pre-epiglottik alan ve trakea gibi anatomik yapıların objektif değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (11). Literatürdeki çalışmalar midsagittal düzlemde ölçülen dil kökü kalınlığının

artmasının laringoskopi esnasında görüş alanını kısıtladığı, transvers düzlemdeki cilt-epiglot mesafesinin (CEM; DSE, Distance from Skin to Epiglottis) artışının epiglotun anteriora yer değiştirmesini zorlaştırdığını ve baş ekstansiyonu ile değişen hiyomental mesafe oranlarının (HMDR) submandibular bölgenin esnekliğini objektif olarak gösterdiğini belirtmektedir (12-14). Yapılan sistematik incelemelerde, ultrasonografik ölçümlerin zor laringoskopiyi öngörmede MMS ve diğer testlere kıyasla daha yüksek prediktif değere sahip olduğu bildirilmiştir (15, 16). En kapsamlı ve güncel çalışmalardan, Wang ve arkadaşlarının 227 makale ve 686.089 hastayı kapsayan meta-analizinde ultrasonografik cilt-epiglot mesafesi ölçümünün, modifiye Mallampati testine göre zor havayolu tespitinde daha üstün olduğu bulunmuş (17). Gomes ve arkadaşlarının PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: Sistematik Derlemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri) temelli sistematik derleme ve meta-analizinde de ultrason parametrelerinin zor laringoskopi öngörüsündeki üstünlüğü desteklenmiştir (18).

Bu tez çalışmasının temel amacı; elektif cerrahi uygulanacak ve genel anestezi altında orotrakeal entübasyon planlanan 18-65 yaş arası erişkin hastalarda, ultrasonografik hava yolu parametrelerinin (midsagittal düzlemde dil kökü kalınlığı, HMDR ve transvers düzlemde cilt-epiglot mesafesi) zor laringoskopiyi öngörmedeki bağımsız ve kombine etkinliğini belirlemektir. Çalışmamızda, elde edilen ultrasonografik verilerin gücü, subjektif bir yöntem olan Modifiye Mallampati Skoru ile karşılaştırılacak ve entübasyon sırasındaki direkt laringoskopi görüntüsü (Cormack-Lehane sınıflaması) referans standart kabul edilecektir.

Hipotezimiz USG ölçümlerinin (özellikle cilt-epiglot mesafesi ve HMDR) zor laringoskopiyi öngörmede özellikle MMS'ye ve diğer geleneksel testlere en az eşit veya daha üstün tanısal doğruluk sağladığıdır.

İkinci hedefimiz, her iki değerlendirme yönteminin (klinik muayene ve ultrason) uygulama sürelerini saniye cinsinden ölçerek, ameliyathane günlük iş akışında preoperatif ultrasonografinin zaman maliyetini ve klinik uygulanabilirliğini istatistiksel olarak analiz etmektir. Bu araştırma, zor hava yollarını tahmin etmede subjektif fizik muayene bulgularının ötesine geçerek, objektif ultrasonografik ölçümlerin rutin anestezi uygulamasına entegrasyonu konusunda ulusal ve uluslararası literatüre güçlü, kanıta dayalı veriler sağlamayı amaçlamaktadır.

GENEL BİLGİLER

Beklenmedik ve zorlu hava yolu senaryolarını öngörmek ve bu senaryolar için algoritmaları başarıyla uygulamak, baş ve boyun bölgesinin ayrıntılı anatomik yapısını, laringoskopinin biyomekanik prensipleri ve genel anestezi indüksiyonunun üst hava yolu fizyolojisi üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde anlamayı gerektirir (5).

1. Üst Hava Yolu Genel Yapısı ve Fonksiyonel Biyomekaniği

Üst solunum yolu, burun boşluğundan nazofarinks, orofarinks, laringofarinks ve larenks yoluyla trakeanın başlangıcına kadar uzanan, fibromuskuler ve kıkırdakla desteklenen bir tüp sistemidir. Birincil işlevi, havayı alt solunum yoluna iletirken aynı zamanda hava yolunu ısıtmak, nemlendirmek ve yabancı cisim aspirasyonundan korumaktır (19). Bu karmaşık yapının uygun şekilde ekarte edilmesi, orotrakeal entübasyon sırasında ses tellerinin net bir şekilde görülebilmesi için çok önemlidir. Bu mekanik başarı, anestezi uygulanan bölgedeki kemik iskeletinin, kas kütlesinin ve bağ dokusunun dinamik uyumluluğuna ve esnekliğine doğrudan bağlıdır (20).

Ağız ve Burun Boşlukları: Solunum sistemine havanın girmesi için iki ana giriş vardır: nazofarinkse açılan burun ve orofarinkse açılan ağız. Ön tarafta damakla ayrılan bu iki yol, arka tarafta farinkste tek bir yola dönüşür. Burun boşluğunun anatomik açıklığı, nazal entübasyon işlemleri için kritik öneme sahiptir. Ağız, alternatif bir geçit görevi görür (19).

Ağız içindeki yapıları ele alırken, dişlerin ve dilin anatomisi son derece önemlidir. Bu yapılardaki herhangi bir anormallik, laringoskopi ve entübasyon işlemlerini doğrudan etkiler. Yeterli ağız açıklığı, hava yolu yönetimi için hayati öneme sahiptir; bu açıklık, temporomandibular eklemin (TMJ) rotasyonu ve eklem içindeki mandibular kondillerin anterior yer değiştirmesi ile sağlanır (21, 22).

Kaslı ve hareketli bir yapı olan dil, ağız boşluğundan farinkse kadar uzanır. İki bölümden oluşur: ağızda kalan ve kaslı ve hareketli olan ön 2/3'lük kısım (dil gövdesi) ve dil kökü de denilen orofarinkste bulunan, ağırlıklı olarak lenfoid ve nispeten hareketsiz olan arka 1/3'lük kısım. Bu iki bölge, ters V'ye benzeyen sulcus terminalis adı verilen bir yapı ile ayrılmıştır (23).

Farinks: kafatasının tabanından krikoid kıkırdağın alt sınırına kadar uzanan, yaklaşık 12-15 cm uzunluğunda bir geçittir ve üç anatomik bölgeye ayrılır:

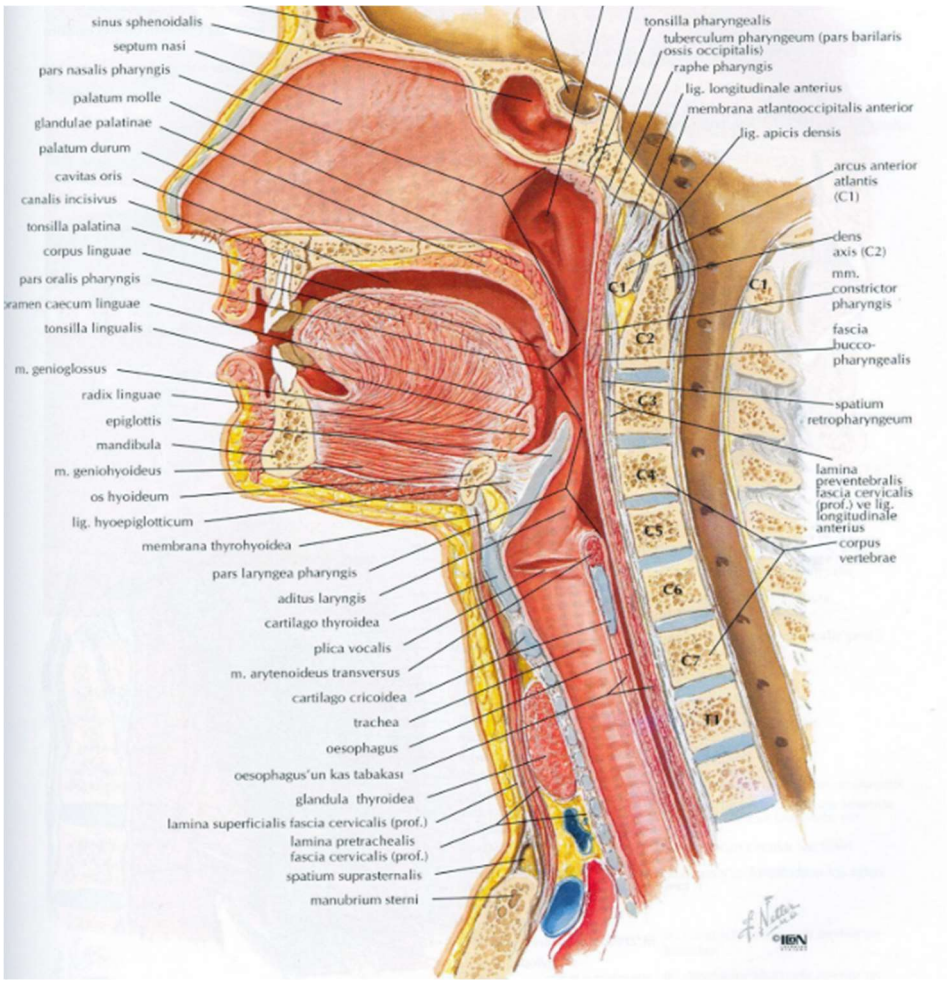
Nazofarinks: Burun boşluğunun hemen arkasında, kafatasının tabanının hemen altında yer alır ve damakla orofarinksten ayrılır. Tavanında ve arka duvarında adenoidler gibi lenfoid dokular bulunur.

Orofarinks: Nazofarinks ve laringofarinks arasındaki geçiş noktasıdır. Damak ve hiyoid kemiği arasında uzanır ve dil kökünü içerir. Ön tarafta, bademcik kemeri ile ağız boşluğundan ayrılır.

Laringofarinks (Hipofarinks): En alt kısımdır, hiyoid kemiği seviyesinden krikoid kıkırdağın alt kenarına kadar uzanır ve orofarinksi yemek borusu ve gırtlağa bağlar(19).

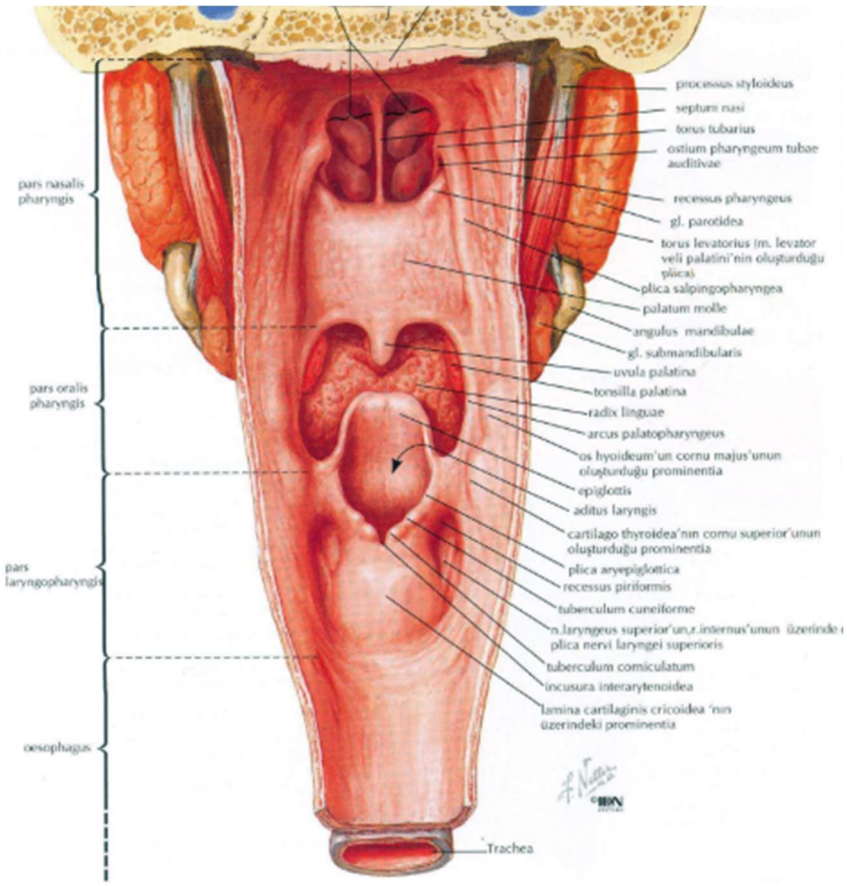
Larenks: Dilin kökünden alt solunum yoluna kadar uzanır; toplam dokuz kıkırdaktan oluşur: üç tek (tiroid, krikoid, epiglottis) ve üç çift (aritenoid, kuneiform, kornikulat). Yetişkin bir insanın hava yolunun en dar noktası olan ses telleri burada bulunur (19).

Tek kıkırdaklardan biri olan epiglottis, orofarinksi laringofarinksten ayıran elastik bir kapaktır. Doğrudan dilin tabanında bulunur ve yutma sırasında trakeayı korur. Epiglottisin hemen önünde (epiglottis ile dilin tabanı arasında) valekulum adı verilen küçük bir çukur bulunur. Entübasyon sırasında, laringoskopun ucu bu çukura yerleştirilir. Bu destek, ağız, farinks ve gırtlak eksenlerini hizalar. Dilin tabanı ve epiglot öne doğru kaldırılır, böylece ses telleri ve hava yoluna giriş doğrudan görünür hale gelir (20).



Şekil 1. Farinks Median Kesit.

Netter Atlas of Human Anatomy (24).



Şekil 2. Farinks açılmış arkadan görünüm.

Netter Atlas of Human Anatomy (24)

1.1. Üst Hava Yolunun Kemik ve Eklem Yapıları

Laringoskopik manevraların başarısı ve hava yolu açıklığı, doğrudan servikal omurga, mandibula ve hiyoid kemiğin anatomik konfigürasyonuna bağlıdır (20).

Servikal Vertebralar ve Atlanto-Oksipital Eklem: Laringoskopi sırasında, servikal omurganın hareketliliği, baş ve boyuna verilen "koklama(sniffing)" pozisyonunda merkezi bir öneme sahiptir ve bu da optimal bir görüş alanı elde etmek için gereklidir. C1 (Atlas) ve oksipital kemikler arasında yer alan atlanto-oksipital eklem, başın boyun üzerindeki ekstansiyon hareketinden sorumludur. Sağlıklı bir yetişkinde, bu eklemin normal ekstansiyon kapasitesi ortalama 35° olarak saptanmıştır. İleri yaşta ve romatoid artrit, ankilozan spondilit veya servikal spondiloz gibi dejeneratif patolojilerde, bu açıda %30'dan

fazla bir azalma olur. Bu da laringoskopik görüş hattının hizalanmasını imkansız hale getirir ve zor entübasyon insidansını önemli ölçüde artırır (25, 26).

Mandibula (Alt Çene Kemiği) ve Temporomandibular Eklem (TME): Mandibulanın U şeklindeki gövdesi, dil (M. genioglossus) ve faringeal yapıların çoğu için tutunma noktaları sağlar. Temporomandibular eklemin (TME) rotasyon ve anterior translasyonel (kayma) hareketleri, laringoskop bleydinin ağız boşluğuna girmesi için gereken inter-insizör mesafeyi (ağız açıklığını) belirler. 4 cm'den fazla olması ile normal bir ağız açıklığı beklenir. Mandibulanın anterior translasyonel yeteneği, alt kesici dişlerin üst dudağı geçme yeteneği (prognatizm) ile klinik olarak değerlendirilir. Bu yetenek, laringoskopi sırasında dili submandibular boşluğa itmek için gereken potansiyel hacmin en önemli göstergelerinden biridir (22, 27, 28).

Hiyoid Kemik: Hiyoid kemiği, başka hiçbir kemikle doğrudan eklem yapmayan özel bir kemiktir; stilohiyoid, tirohiyoid, sternohiyoid ve omohiyoid gibi kaslar tarafından askıya alınır. Boyun ekstansiyonu sırasında hiyoid kemiğinin hareketliliği, laringoskop bleydi ile epiglotun kaldırılması manevrası sırasında larenksin anterior ve superior yönde hareket etme yeteneğini (kompliyans) gösterir. Çalışmamızın temel ultrasonografik parametrelerinden biri olan hiyomental mesafe ve hiyomental mesafe oranı (HMDR), bu kemiğin mandibula (mentum) ile dinamik ilişkisinin objektif ölçümleridir (29, 30).

1.2. Üst Hava Yolunun Kas Anatomisi

Genel anestezi uygulanmasıyla hava yolu açıklığının kaybı, patofizyolojik olarak farinks ve larenks kas tonusunun ortadan kalkmasıyla açıklanmaktadır (31).

Dil Kasları (İntrinsik ve Ekstrinsik): Dil, ağız boşluğunu dolduran kompleks bir çizgili kas kütlesidir. Ekstrinsik kaslardan özellikle M. Genioglossus, mandibulanın iç yüzeyinden (spina mentalis) başlayıp dilin tüm tabanına yelpaze şeklinde yayılır. Bu kas dili anteriora çeker ve üst hava yolunu açık tutan en önemli kuvvettir (32). Makroglossi (artmış dil hacmi) veya anestezi altında genioglossus tonusunun kaybolmasıyla dilin orofarinks arka duvarına çökmesi, laringoskopik görüş alanını daraltan en temel mekanizmadır (14).

Faringeal Konstriktör Kaslar: Süperior, mediyal ve inferior konstriktör kaslar, farinksin lateral ve posterior duvarlarını destekler. Bu kasların relaksasyonu, anestezi altında yumuşak damağın ve lateral faringeal duvarların medial yönde çökmesine (kollaps) yol açarak maske ventilasyonu ve laringoskopiyi zorlaştırabilir (31).

Laringeal İntrinsik Kaslar: M. Krikotiroideus (vokal kordları geren kas) ve M. Krikoaritenoideus Posterior (vokal kordlara abduksiyon yaptıran tek kas) entübasyon sırasında vokal kordların pozisyonunu belirler. Genel anestezide kullanılan roküronyum gibi nöromusküler bloke edici ajanların bu kaslar üzerindeki etkileri, glottik açıklığın tam olarak sağlanmasını ve laringospazm riskinin ortadan kaldırılmasına yardımcı olur (20).

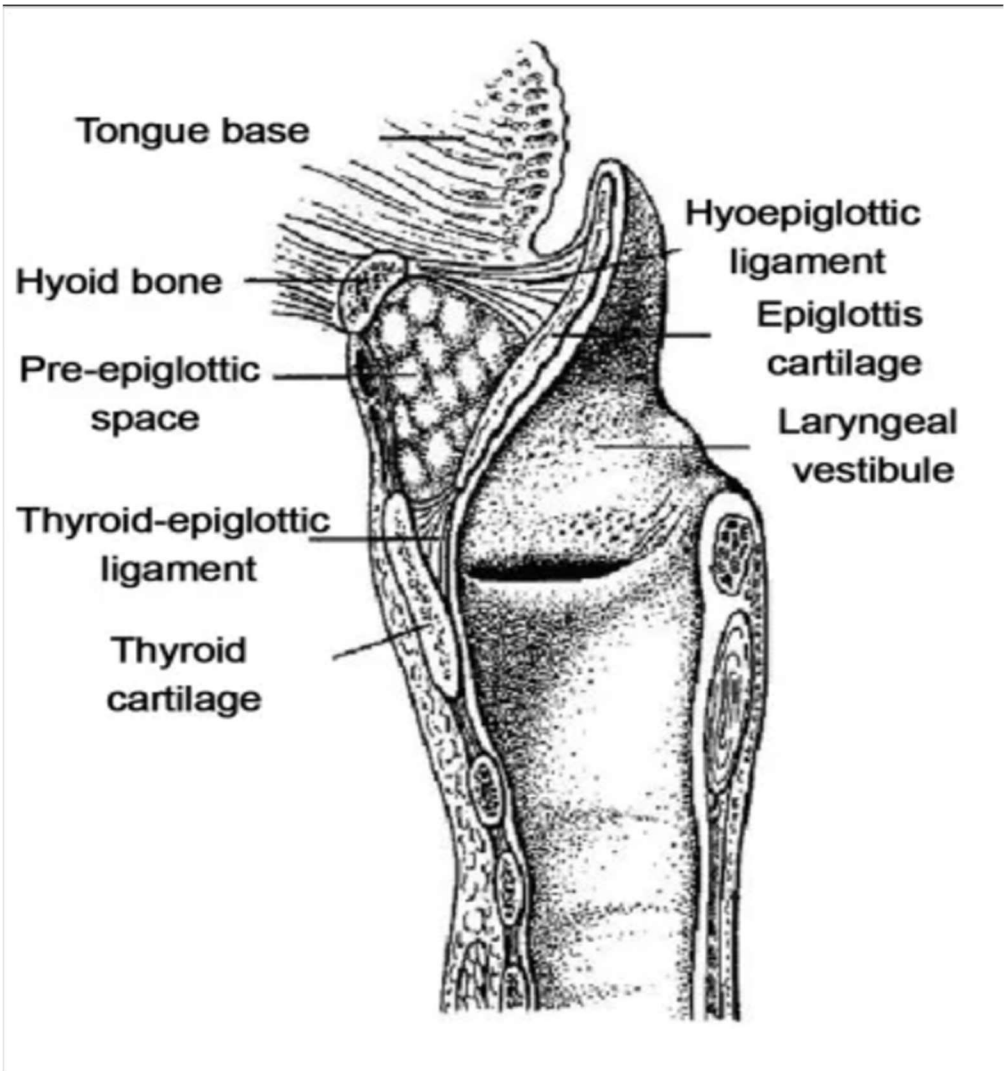
1.3. Fasiyal Alanlar ve Pre-epiglottik Boşluk (PES)

Güncel anesteziyoloji literatüründe ve ultrasonografi ile yapılan hava yolu çalışmalarında, klasik kas-kemik anatomisinin ötesinde bazı fasiyal boşlukların hacmi daha çok önem kazanmaktadır (33).

Submandibular Boşluk: Mandibulanın ile hiyoid kemik arasında kalan ağız tabanı kasları (M. mylohiyoideus, M. geniohiyoideus) ve submental yağ dokusunu içeren üçgen şeklinde bir alandır. Laringoskopi işlemi sırasında Macintosh laringoskop bleydi vallekulaya (dil kökü ile epiglot arası boşluk) yerleştirildiğinde, uygulanan yukarı ve ileri yönlü kuvvet, dil kütlesini bu submandibular boşluğa doğru iter. Eğer hastanın tiromental mesafesi kısa ise (submandibular boşluk küçükse) ve dil hacmi bu boşluğa sığamayacak kadar büyükse, dil orofarinkste kalır ve zor laringoskopiye neden olur (30).

Pre-epiglottik Mesafe (PES): Superiorunda hiyoepiglottik ligaman, anteriorunda tirohiyoid membran ve tiroid kıkırdak, posteriorunda epiglot bulunan ters piramit şeklinde bir boşluktur. Bu alan ağırlıklı olarak areolar bağ dokusu ve adipoz (yağ) dokudan zengindir (34). Bu preepiglottik alanın obezite, kısa/kalın boyun yapısı veya genetik yatkınlık gibi nedenlerle yağ dokusunun kalınlaşması, mekanik bir yastıkçık etkisi yaratır. Bu alanın kalınlaşması laringoskopi sırasında hiyoepiglottik ligamanın yeterince gerilmesini engeller. Buna bağlı olarak epiglot anteriora yer değiştiremez ve vokal kordların gösterilmesini engelleyerek Cormack-Lehane Sınıf 3 veya 4 görünümüne neden olur. Ultrasonografik olarak ölçülen Cilt-Epiglot Mesafesinin artışının zor laringoskopi ile olan

güçlü korelasyonu, aslında bu preepiglottik yağlanmanın neden olduğu mekanik engelden kaynaklanmaktadır (12, 33).



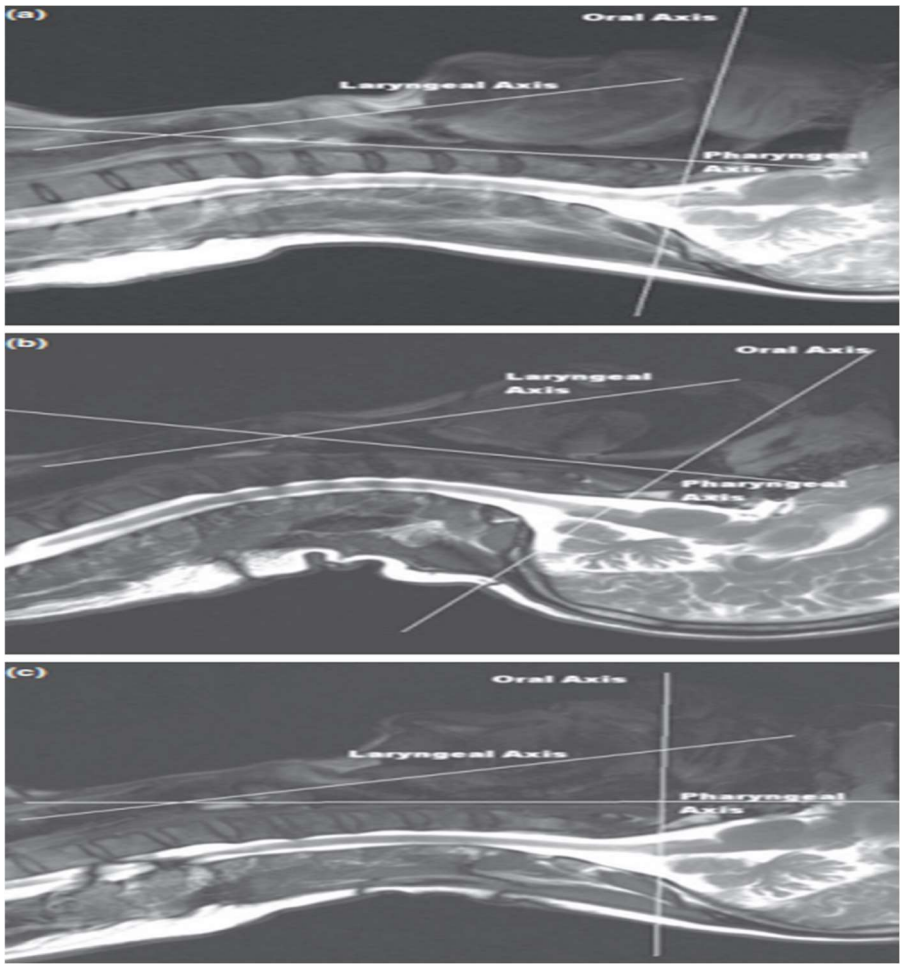
Şekil 3. Larinks ve Preepiglottik alanın sagittal gösterimi (35).

1.4. Direkt Laringoskopinin Biyomekaniği ve Üç Eksen Teorisi

Direkt laringoskopi hem anatomik yapıların izlendiği bir işlem hem de üç boyutlu uzayda gerçekleştirilen kompleks bir hizalama işlemidir. Glottik açıklığın doğrudan görülebilmesi için ağız, farinks ve larinksin oluşturduğu açısal farklılıkların tek bir düzleme getirilmesi zorunludur. Greenland'ın çalışmasında bahsedilen bu biyomekanik modele göre üst hava yolunda üç temel eksen bulunmaktadır. Bu modele göre doğrudan laringoskopi, hava yolu

eksenlerinin hizalandığı statik bir faz ve submandibular dokuların yer değiştirdiği dinamik bir fazdan oluşmaktadır (28).

1. **Oral Eksen (OA- Oral Axis):** Ağız açıklığından posterior farinks duvarına kadar uzanan yatay hattır.
2. **Faringeal Eksen (PA- Pharyngeal Axis):** Posterior farinksten krikoid kıkırdağa doğru inen hattır.
3. **Laringeal Eksen (LA- Laryngeal Axis):** Laringeal girişten trakea lümeni boyunca uzanan dikey hattır.



Şekil 4. Baş ve boyun MR taraması.

(a) Nötr pozisyon; (b) Hiperekstansiyon pozisyonu; (c) Koklama pozisyonu (28).

Hasta supin (sırtüstü) pozisyondayken ve baş nötral eksendeyken bu üç eksen birbirini dar açılarla keser, bu nedenle vokal kordlar dışarıdan doğrudan görülemez. Koklama (Sniffing) pozisyonu bu anatomik engeli aşmaya yardımcı olur. Bu pozisyon, iki spesifik fiziksel manevranın kombinasyonunu içerir:

Koklama (Sniffing) pozisyonu;

- Başın altına 7-10 cm'lik bir yastık konularak servikal omurganın yaklaşık 15-35° fleksiyona getirilmesi, Oral Eksen (OA) ile Faringeal Ekseni (PA) birbirine yaklaştırır.

- Atlanto-oksipital eklemden başın yaklaşık 35° ekstansiyona getirilmesi ise Faringeal Eksen (PA) ile Laringeal Ekseni (LA) aynı doğrultuya getirir. Bu manevralar sonucunda üç eksen tek bir doğrusal görüş hattı (Line of Sight) üzerinde birleşir (28).

Artmış dil kökü kalınlığı, kısa hiyomental mesafe veya artmış cilt-epiglot kalınlığı gibi özellikler (çalışmamızda ultrasonla tespit edilmesi planlanan hedefler), eksenler fiziksel olarak hizalansa dahi laringoskopi esnasında görüş alanının mekanik tıkanmasına neden olmaktadır (12, 14).

2. Genel Anestezinin Üst Hava Yoluna Etkileri ve Fizyopatoloji

Uyanık ve sağlıklı bir bireyde üst hava yolunun açıklığı; negatif intratorasik basıncın yarattığı çökme eğilimi ile özellikle M. genioglossus ve tensör palatini kaslarının yarattığı dışa doğru çekme kuvveti arasındaki denge ile sağlanır. Genel anestezi indüksiyonu (özellikle propofol, tiyopental ve fentanil gibi ajanların kullanımı) bu dengeyi dramatik şekilde bozar (36).

Merkezi sinir sisteminin baskılanmasıyla üst hava yolunu açık tutan kasların tonusu ortadan kalkar. Bu durumda anestezi altında genellikle üç seviyede anatomik tıkanıklığa yol açar:

1. **Yumuşak Damak Seviyesi (Retro-palatal):** Yumuşak damak ve uvula, yerçekiminin de etkisiyle posterior faringeal duvara doğru yaslanır.
2. **Dil Kökü Seviyesi (Retro-glossal):** Kas tonusunun kaybı ile dil kütlesi geriye doğru kayar.

3. **Epiglot Seviyesi (Retro-epiglottik):** Hiyoepiglottik ligamanın gerginliğinin azalmasıyla epiglot laringeal girişi kapatma eğilimi gösterir (36).

Bu fizyopatolojik değişiklikler hem entübasyonu zorlaştırır hem de hastanın maske ile ventile edilmesini (Zor Maske Ventilasyonu-ZMV) güçleştirir. Nöromusküler bloker ilaç uygulanması, faringeal kasları tamamen felç ederek bu kollapsı daha da zorlaştıracaktır. Bu nedenle, anestezi indüksiyonu öncesinde hastanın sadece uyanık anatomisinin değil, anestezi altında çökmeye ne kadar yatkın olduğunun öngörülmesi de hayati önem taşır. Ultrasonografik ölçümler, derindeki yağ ve kas dokusu oranları hakkında bilgi vererek bu fizyopatolojik çökmenin şiddeti hakkında klinisyene geleneksel testlerden çok daha güvenilir veriler sunmaktadır (32).

Direk laringoskopi ve endotrakeal entübasyon girişiminin de kendine özgü patofizyolojisi unutulmamalıdır. Direkt laringoskopi ve endotrakeal entübasyon aslında hastanın hava yolunu güvene alma çabasının yanında hava yolu mukozasında bulunan zengin reseptör ağının uyarılmasıyla seyreden belirgin sempatoadrenal stresin de kaynağıdır. Supraglottik bölgedeki dil kökü, farinks, epiglot ve trakeadaki mekanoreseptörlerin laringoskop bleydi ile uyarılması sonucu afferent yolaklar üzerinden beyin sapına ulaşarak sempatoadrenal merkezi tetiklemektedir. Oluşan bu pressor yanıtın majör kaynağının trakeal entübasyon değil, laringoskopi manevrasının kendisi olduğu gösterilmiştir (37, 38).

Bu otonomik refleks yolu, sempatik sinir sisteminin deşarjına ve katekolamin (adrenalin, noradrenalin) salınımında ani artışlara neden olmaktadır. Sonuç olarak klinik taşikardi, hipertansiyon ve miyokardiyal oksijen tüketiminde artış saptanmaktadır. Sağlıklı bireylerde bu hemodinamik yanıt iyi tolere edilebilir ancak koroner arter hastalığı, anevrizması veya intrakraniyal patolojisi olan hastalarda morbiditeyi ve mortaliteyi artırabilmektedir (12, 39). Zor laringoskopi varlığında, uygulanan mekanik kuvvetin artması, işlemin uzaması ve tekrarlayan entübasyon girişimleri (üç ve üzeri), bu sempatik yanıtın şiddetini ve süresini artırmaktadır. Bu nedenle entübasyon başarısızlığı ve uzun süreli laringoskopi denemeleri; hipoksi, laringospazm ve miyokardiyal iskemi gibi sonuçlara yol açan en yaygın nedenlerdendir. Objektif araçlarla (ultrasonografi vb.) ameliyat öncesinde zor hava yolunu tahmin etmek ve laringoskopik travmayı en aza indirmek, yalnızca hava yolu güvenliği için değil, aynı zamanda hastanın ameliyat öncesi ve sonrası kardiyovasküler stabilitesini korumak için de kritik öneme sahiptir (40, 41).

3. Zor Hava Yolu Kavramı ve Uluslararası Kılavuzlar

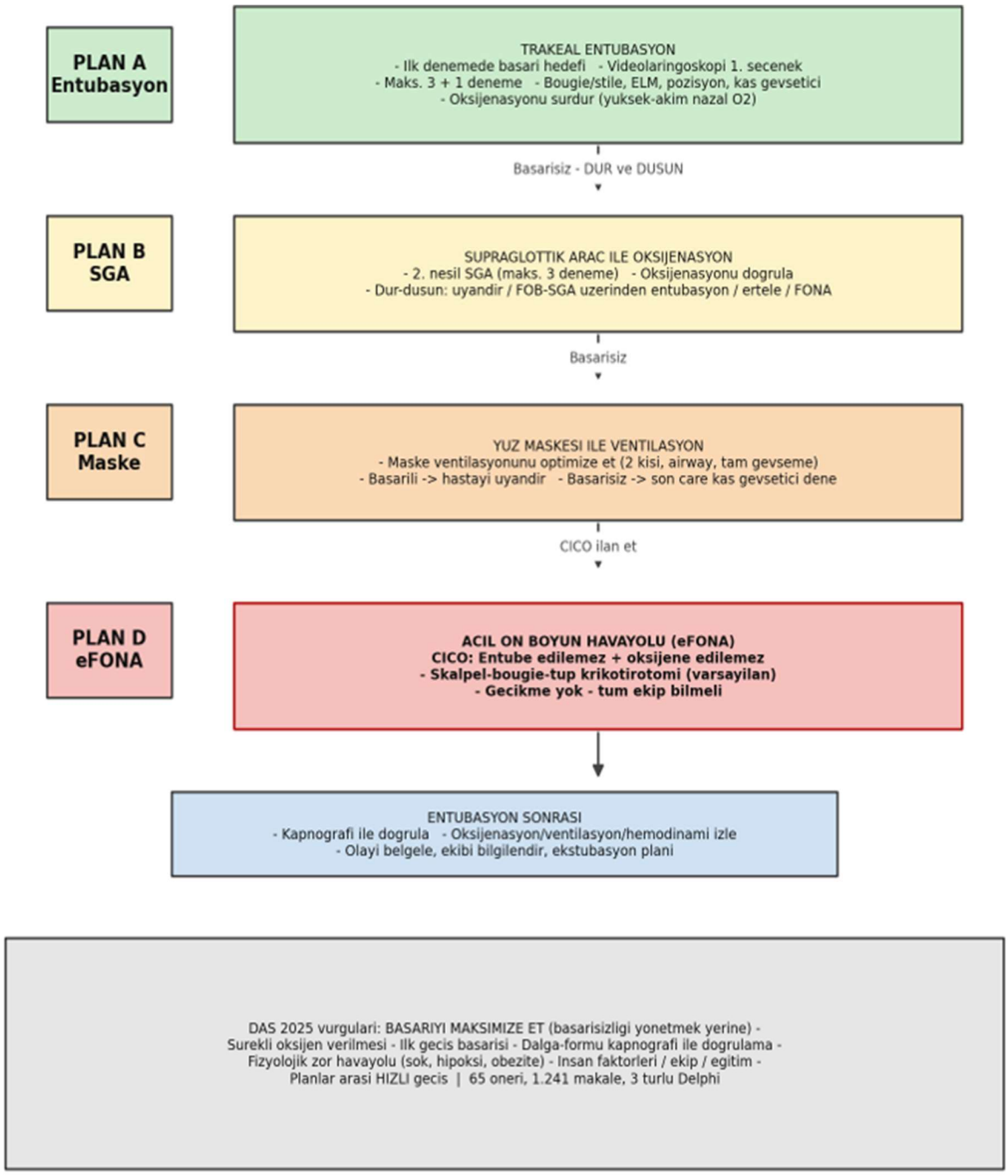
Anesteziyoloji pratiğinde üst hava yolunun anatomik ve fizyolojik özellikleri hastadan hastaya büyük farklılıklar göstermektedir. Bu heterojen yapı, "zor hava yolu" kavramının standardizasyonunu zorunlu kılmış ve büyük anestezi derneklerinin özel tanımlamalar ve algoritmalar oluşturmaya yöneltmiştir (26).

Zor hava yolu yönetimi, uluslararası anestezi dernekleri için önemli bir odak noktasıdır. Amerikan Anesteziyologlar Derneği (ASA), zor hava yolu kılavuzlarını ilk olarak 1993 yılında yayınlamıştır. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda 2003, 2013 ve 2022 yıllarında güncellemiştir. Zor hava yolu "geleneksel olarak eğitim almış bir anesteziyologun yüz maskesi ventilasyonu, laringoskopi, endotrakeal entübasyon veya bunların herhangi bir kombinasyonu sırasında karşılaştığı klinik zorluk" olarak tanımlanan genel bir terimdir. Mevcut ASA kılavuzları, uyanık entübasyon stratejilerini, ilk tercih olarak videolaringoskopi (VL) kullanımını ve entübe edilemeyen/ventile edilemeyen (CICO) senaryolarda cerrahi veya perkütan FONA (Front of Neck Access: Boyun Önü Erişimi) tekniklerini kesin algoritmalarla standartlaştırmaktadır (26).

Benzer şekilde, İngiltere Zor Hava Yolu Derneği (DAS) 2015 kılavuzları, zor hava yolunu, anatomik veya patolojik faktörler nedeniyle hava yolunun güvenliğinin sağlanmasında karşılaşılan, önceden belirlenmiş veya öngörülemeyen (indüksiyon sonrası) teknik zorluklar kümesi olarak ele almaktadır (42). Literatürde, genel cerrahi hasta popülasyonunda zor entübasyon insidansının %1,5 ile %13 arasında, zor maske ventilasyon insidansının ise %1,4 ile %5 arasında olduğu bildirilmektedir (4).

İngiltere Zor Hava Yolu Derneği (DAS) kılavuzları da aşamalı bir yaklaşım sunmaktadır. Plan A (Doğrudan Laringoskopi/VL), Plan B (Supraglottik Cihaz), Plan C (Maske Ventilasyonu) ve Plan D (FONA). Ayrıca DAS 2025 kılavuzu önceki kılavuzlara artı olarak POCUS'u özellikle krikotiroid membran lokalizasyonu olmak üzere hava yolu ve gastrik değerlendirmesinin bir parçası olarak değerlendirmiş olup tezimizin uluslararası dayanağını desteklemiştir (43, 44). Bununla birlikte, kapsamlı 4. Ulusal Denetim Projesi (NAP4) raporu, büyük hava yolu komplikasyonlarının %70'inden fazlasının, kılavuzlardaki algoritmaların başarısızlığından ziyade "yetersiz ameliyat öncesi hava yolu değerlendirmesi" nedeniyle zorluğun tahmin edilememesinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Bu istatistik, Modifiye Mallampati Skoru gibi geleneksel testlerin yetersizliğini vurgulamakta ve Point-Of-Care

Ultrasonografi (POCUS) gibi objektif radyolojik değerlendirmelerin kılavuzlara entegre edilmesi gerektiğini desteklemektedir (45).



Şekil 5. DAS 2025 Zor Havayolu Algoritma özeti (Şematik)

Güncel kılavuzlar zor havayolunu yalnızca anatomik değil, şok/hipoksi/obezite gibi durumları kapsayan fizyolojik zor havayolu olarak da ele alır. Bu hastalarda HFNO ve NIV gibi

peroksijenasyon destekler öne çıkar. Hedef ilk geçiş başarısıdır, bu yüzden videolaringoskopi birinci basamak önerilir. Ayrıca insan faktörleri, entübasyon sonrası bakım ve planlar arası net geçiş ölçütleri vurgulanır (44).

3.1. Zor Maske Ventilasyonu

Yetersiz Ventilasyonun Klinik Tanımı ve Kriterleri: Anestezi indüksiyonundan sonra hastanın oksijenlenmesi ve ventilasyonunun sağlanması hayati önem taşır. Amerikan Anesteziyologlar Derneği'nin (ASA) Zor Hava Yolu Kılavuzlarına göre, yetersiz maske ventilasyonu, pozitif basınçlı ventilasyon sırasında gaz değişiminin sağlanamaması durumunu gösteren klinik bulguların bütünüdür.

Bu durumun başlıca göstergeleri şunlardır:

- Göğüs hareketinin yokluğu veya çok zayıf olması,
- Her iki akciğerde de nefes seslerinin yokluğu veya oskültasyonda stridor gibi şiddetli tıkanıklık belirtilerinin saptanması,
- Mideye gaz aspirasyonu nedeniyle mide genişlemesi,
- Hastada ilerleyici siyanoz,
- Nabız oksimetresinde SpO2 azalma veya kapnografide ETCO2 dalga formunun elde edilememesi/bozulması,
- Spirometrik ölçümlerde yetersiz ekspiratuvar akış hacimleri,
- Hipoksemi ve hiperkarbiye bağlı hemodinamik instabilite: taşikardi, bradikardi, hipertansiyon veya aritmiler (26).

3.2. Zor Laringoskopi ve Cormack-Lehane Sınıflaması

Direkt laringoskopi, ağız boşluğundan vokal kordlara kadar olan anatomik yapıları dışlayarak larinksin doğrudan gözlemlenmesine olanak tanıyan işlemdir. Bu işlem sırasında glottik görünümü objektif olarak derecelendirmek için, 1984 yılında Cormack ve Lehane tarafından bir sınıflama sistemi geliştirilmiştir (46). Bu sistem, laringoskopik bakı altında anatomik görünüme dayanarak hava yolu zorluğunu dört ana sınıfa ayırmaktadır. Yentis ve Lee 1998 yılında sınıflandırmayı CL 2a (kordların kısmen görüldüğü) ve CL 2b (yalnızca

aritenoidler ve epiglot ucu görülen) olmak üzere modifiye etmiştir. CL 2b vakalarının %65'i klinik olarak zor entübasyon ile sonuçlanırken, CL 2a'nın yalnızca %4'ü zorlukla ilişkilendirilmiştir (47).

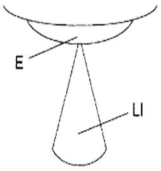
Cormack ve Lehane sınıflamasının yeniden ele alındığı 2010 tarihli makalede, asıl amaçlarının sınıflandırma ayrıntılarına netlik getirmek olmadığı, fizik muayene sonucu ile entübasyonun kolay olması beklenen vakalarda başarısız entübasyonu önlemek olduğunu vurgulamıştır. Klinik pratikte vokal kordların görülüp görülmemesi temelinde iki ana kategoriye odaklanılmasını önermişlerdir (48). Bu yaklaşım çalışmamızdaki CL 1-2 kolay, CL 3-4 zor laringoskopi olarak ikiye ayırmamızın temelini oluşturmaktadır.

Tablo 1. Cormack-Lehane Sınıflaması

Sınıf	**Tanım**
Sınıf 1	Tüm glottik açıklık (vokal kordlar ve anterior komissür dâhil) net olarak görülmektedir.
Sınıf 2	Sadece glottik açıklığın posterior kısmı (aritenoid kıkırdaklar ve posterior komissür) görülmekte, anterior komissür izlenememektedir. • **Sınıf 2a:** Vokal kordların bir kısmı görülür. • **Sınıf 2b:** Sadece aritenoid kıkırdaklar görülür.
Sınıf 3	Vokal kordların hiçbir kısmı görünmez, sadece epiglot görünür.
Sınıf 4	Ne vokal kordlar ne de epiglot görülebilmektedir; sadece yumuşak damak izlenmektedir.

Güncel literatürde ve bu tez çalışmasının metodolojisinde evrensel bir güçlü referans olarak; Cormack-Lehane Sınıf 1 ve 2 "kolay laringoskopi", Sınıf 3 ve 4 ise "zor laringoskopi" (ve dolayısıyla zor entübasyon öngörücüsü) olarak sınıflandırılmaktadır (40).

iThenticate Page 37 of 88 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3117:610857340

Original Cormack and Lehane system	1 Full view of the glottis	2 Partial view of the glottis or arytenoids		3 Only epiglottis visible	4 Neither glottis nor epiglottis visible
View at laryngoscopy					
Modified system	1 As for original Cormack and Lehane above	2a Partial view of the glottis	2b Arytenoids or posterior part of the vocal cords only just visible	3 As for original Cormack and Lehane above	4 As for original Cormack and Lehane above

Şekil 6. Orijinal Cormack Lehane Sistemi.

E=Epiglot, LI= Laringeal giriş (47).

Özel Popülasyonlarda Hava Yolu Zorluğu: Zor laringoskopi epidemiyolojisi incelendiğinde, bazı hasta popülasyonlarının anatomik nedenlerden dolayı önemli risk altında olduğu görülmektedir. Özellikle, vücut kitle indeksi (VKİ) >35 kg/m² olan morbid obez hastalar, hava yolu çalışmalarında özel bir alt grubu oluşturmaktadır (49).

Obez hastalarda, boyun çevresinin kalınlaşması (>40 cm), farinks ve pre-epiglottik dokularda yağ birikimine neden olur. Orofaringeal boşluğun daralması ve fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRC) azalması, bu hastalarda laringoskopiyi zorlaştırır ve apneik oksijenasyon süresini kısaltarak hızlı desatürasyona yol açar (50, 51). Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromlu (OSAS) hastalarda durum daha da karmaşık hale gelir. Dinamik ultrasonografi çalışmaları, OSAS'lı hastalarda farinks çökmesinde ve lateral parafaringeal duvar kalınlığında önemli bir artış olduğunu göstermiştir (52, 53). Geleneksel klinik testler obez hastalarda güvenilirliğini tamamen kaybeder. Bunun sebebi deri altı yağ dokusunun kalınlığı nedeniyle kemik noktalarının palpe edilememesidir. Bu nedenle, ön boyun yumuşak doku kalınlığının doğrudan ölçülebildiği ultrasonografik yaklaşımlar, özellikle obez ve OSAS popülasyonlarında, standart fizik muayeneye kıyasla çok daha yüksek tanısal doğruluğa sahiptir (50, 54).

3.3. Beklenmeyen Zor Hava Yolunun Morbidite ve Mortaliteye Etkisi

Beklenmeyen (tahmin edilemeyen) zor hava yolları, anestezi morbidite ve mortalitesinin en önemli nedenidir. İngiltere'deki en büyük anestezi uygulama denetimlerinden biri olan 4. Ulusal Denetim Projesinden (NAP4) elde edilen verilerine göre, hava yolu yönetimindeki majör komplikasyonların temelinde yetersiz preoperatif hava yolu değerlendirmesi ve kötü planlama yatmaktadır (1). Entübasyon veya ventilasyonun sağlanamadığı durumlarda (CICO- Cannot Intubate, Cannot Oxygenate), dakikalar içinde gelişen derin hipoksi, laringeal laserasyonlar, dental travma, hipoksik iskemik ensefalopati ve nihayetinde kardiyak arrest gibi geri dönüşümsüz katastrofik tablolar meydana gelmektedir. Bu epidemiyolojik veriler, preoperatif dönemde zor hava yollarının belirlenmesinin sadece akademik bir arayış değil, hasta güvenliği için mutlak bir gereklilik olduğunu kanıtlamaktadır (1).

4. Hava Yolu Değerlendirmesinde Biyoistatistiksel Kavramlar

Ameliyat öncesi hava yolu tarama testlerinin (klinik veya ultrasonografik) tanısal gücü ve klinik faydası, belirli biyoistatistiksel parametreler kullanılarak ölçülür. Çalışmamızın bulgular bölümünde de kullanılacak olan bu temel istatistiksel kavramların anesteziyoloji pratiğindeki karşılıkları aşağıda özetlenmiştir:

Sensitivite (Duyarlılık- Gerçek Pozitiflik Oranı): Bu durum, "zor laringoskopi" tanısı konulan hastaların yapılan testle ne kadar "zor" olarak algılandığını göstermektedir. Hava yolu yönetiminde düşük sensitivite, en tehlikeli istatistiksel zaaftır çünkü bu, hastanın entübe edilmesinin "kolay" olduğu varsayımına (yanlış negatif) yol açarak anestezi indüksiyonundan sonra beklenmedik bir krize neden olabilir (8).

Spesifite (Özgüllük- Gerçek Negatiflik Oranı): Bu aslında, "kolay laringoskopi" tanısı konulan hastaların yapılan testle ne kadar doğru bir şekilde "kolay" laringoskopi tanısı aldıklarının belirlenmesiyle ilgilidir. Düşük spesifite, gereksiz uyanık fiberoptik entübasyona veya ileri hava yolu hazırlığına (yanlış pozitifler) ve zaman/kaynak israfına yol açar (8).

Pozitif Prediktif Değer (PPV) ve Negatif Prediktif Değer (NPV): PPV, test tarafından "zor" olarak değerlendirilen ve gerçekten zor entübasyon geçiren hastaların yüzdesini; NPV ise test tarafından "kolay" olarak değerlendirilen ve gerçekten kolay entübasyon geçiren hastaların yüzdesini gösterir. Genel popülasyonda zor entübasyon prevalansı düşük olduğundan (%5-10), geleneksel testlerin PPV değerleri genellikle istatistiksel olarak düşük kalmaktadır (8).

ROC Eğrisi (Receiver Operating Characteristic) ve AUC (Area Under The Curve): Eğri Altındaki Alan (AUC), bir tanı testinin (örneğin ultrasonla ölçülen deri-epiglottik mesafe) farklı eşik değerlerindeki sensitivite ve spesifite değerlerini gösteren bir grafiktir. AUC değeri 0,5 ile 1,0 arasında değişir. 1,0'a yakın bir AUC değeri, testin mükemmel ayırt edici güce sahip olduğunu gösterirken, 0,5 değeri testin yalnızca bir tahmin olduğunu gösterir (15).

5. Preoperatif Zor Hava Yolu Değerlendirmesi

Kapsamlı öykü ve fizik muayene; Genel anestezi pratiğinde, hastanın hava yolu güvenliği ve ventilasyon devamlılığının preoperatif değerlendirilmesi, potansiyel felaket komplikasyonlarını önlemede en kritik adımdır. Hava yolu açıklığının sağlanmasında potansiyel zorlukların belirlenmesi, uygun ekipmanın (video laringoskop, fiberoptik bronkoskop vb.) hazırlanmasına ve zor hava yolu algoritmalarının hızlı işlemesine olanak tanır (26).

Preoperatif değerlendirmenin temeli hastadan veya yakınlarından alınan ayrıntılı bir anamnez ve destekleyici bir fizik muayeneye dayanmaktadır. Hava yolu müdahalesi geçiren her hastada, zor entübasyona veya maske ventilasyon zorluklarına yatkınlık oluşturabilecek doğuştan, edinilmiş veya travmatik patolojiler dikkatlice araştırılmalıdır. Hastanın mevcut veya geçmiş anestezi kayıtları incelenmelidir. Hastanın daha önceki ameliyatlarında entübasyon güçlüğü yaşayıp yaşamadığı ve eğer yaşadıysa, bu sorunları çözmek için hangi alternatif yöntemlerin kullanıldığı belirlenmelidir. Günümüzde birçok merkez, daha önce zor hava yolu tespit edilmiş hastalara zor entübasyon uyarı kartları sağlamaktadır ve bu tür bildirimlerin varlığı anestezist için çok önemli bir uyarı işaretidir (26, 40, 55).

Kapsamlı bir anamnez alınırken, maksillofasiyal travma öyküsü, yüz, boyun, larinks veya farinksi içeren onkolojik ameliyatlar ve özellikle baş ve boyun bölgesine uygulanan radyoterapi dikkatlice araştırılmalıdır. Radyoterapiye bağlı olarak hava yolu yapılarında ilerleyici fibrozis, doku ödemi ve skarlaşma, temporomandibular eklem hareketliliğini kısıtlayarak şiddetli trismus ve sınırlı boyun ekstansiyonuna yol açabilir (56). Ayrıca, hastada hava yolu daralmasını gösteren herhangi bir belirti de dikkate alınmalıdır. Ses kısıklığı, istirahat halindeki stridor, hırıltılı solunum, disfaji, efor dispnesi ve obstrüktif uyku apnesi (OSAS) belirtileri iyice araştırılmalıdır (54).

Amerikan Anesteziyologlar Derneği'nin (ASA) mevcut kılavuzlarında zor hava yolu yönetimine yol açabilen etiyolojik faktörler dört ana gruba ayrılır: anatomik, konjenital, edinilmiş ve popülasyona özgü (26, 40):

- **Anatomik ve Fizyolojik Varyasyonlar:** Kısa ve kalın bir boyun yapısı, laringoskopi sırasında eksenlerin hizalanmasını zorlaştırır. Mikrognati ve retrognati dilin ekarte edileceği submandibular boşluğu daraltır. Çıkıntılı ve uzun üst kesici dişler ve dar, uzun ağız tavanı, laringoskop bleydinin ağza yerleştirilmesini zorlaştırır. Ayrıca makroglossi, yüksek yerleşimli anterior larinks, temporomandibular ve atlanto-oksipital eklemlerde sınırlı hareket aralığı önemli risk faktörleridir (40).
- **Konjenital Sendromlar:** Mandibular ve maksiller hipoplazi ile görülen Treacher-Collins ve Pierre-Robin sendromları, zor entübasyonun klasik örnekleridir. Makroglossi ve kısa boyun ile karakterize Down sendromu, Klippel-Feil sendromu, yarık damak/dudak deformiteleri, Turner, Marfan, Noonan, Beckwith-Wiedemann ve Cri-Du-Chat sendromları, pediatrik ve yetişkin anestezi uygulamalarında özel hava yolu yönetimi gerektiren doğuştan anomalilerdir (41).
- **Kazanılmış Patolojiler:**
    - **İltihaplı ve Dejeneratif:** Romatoid artrit (özellikle atlantoaksiyel eklem subluksasyonu ve servikal instabilite riski), ankilozan spondilit (servikal kilitlenme), osteoartrit, epiglottit, krup ve retrofaringeal apseler.
    - **Tıkayıcı Lezyonlar:** Şiddetli tonsiller hipertrofi, laringeal ve faringeal tümörler, vokal polipler, dev guatrlar ve hava yolunu dışarıdan sıkıştıran servikal hematomlar, daha önce entübasyon veya trakeostomi öyküsüne bağlı subglottik stenoz.

- **Endokrin ve Metabolik:** Akromegali, hipotiroidizm (miksödem) ve uzun süreli diyabetes mellituslu hastalarda görülen servikal omur ve eklemlerin glikozilasyonundan kaynaklanan Diyabetik Sert Eklem Sendromu (40).

- **Maske Ventilasyonunu Zorlaştıran Durumlar ve Özel Popülasyonlar:** Zor maske ventilasyonu (ZMV), hasta için maske sızdırmazlığının sağlanamadığı durumdur. Sakal, dişsizlik, ileri yaş (>55 yaş), gebeler ve yenidoğanlar zor ventilasyon için aday hastalardır (57).

5.1. Klasik Fizik Muayene Testlerinin Anatomik ve İstatistiksel Analizi

Hastanın anestezi altına alınmasından önceki preoperatif dönemde zor laringoskopiyi tespit etmek amacıyla, eklemlerin anatomik mesafelerinin ve hareket açıklığının dışarıdan ölçüldüğü çeşitli yatak başı fizik muayene testleri geliştirilmiştir (8).

5.1.1 Modifiye Mallampati Skoru (MMS)

1985 yılında S.R. Mallampati tarafından 3 evreli olarak tanımlanan ve 1987 yılında Samsoon ve Young tarafından; sadece sert damağın görüldüğü hastaları ayırabilmek için dördüncü evreyi ekleyerek modifiye edilen bir testtir (58). Mallampati testinin (MMS) zor laringoskopiyi öngörmedeki etkinliği, son yirmi yılda sayısız araştırmaya konu olmuştur. Günümüzde dünya çapında en sık kullanılan hava yolu değerlendirme aracıdır (59). Testin anatomik gerekçesi, dil kütlesinin (hacminin) orofaringeal boşluğa oranla değerlendirilmesine dayanmaktadır. Dil, orofarinkse göre normalden daha büyükse (makroglossi), laringoskopi sırasında Macintosh bleydi ekarte edilmesi zorlaşacak ve glottik görüntüleme engellenecektir. İşlem; hasta oturur pozisyondayken, baş nötr eksende, ağız maksimum düzeyde açık ve dil maksimum düzeyde dışarıya doğru uzatılmış haldeyken (ses çıkarmadan), orofaringeal yapılar dışarıdan gözlemlenir (59).

Sınıf I: Yumuşak damak, farinks, uvula ve tonsil plikaları tamamen görünür.

Sınıf II: Yumuşak damak, farinks ve uvula görünür (tonsil plikaları izlenmez).

Sınıf III: Sadece yumuşak damak ve uvulanın tabanı görünür.

Sınıf IV: Sadece sert damak görünür, yumuşak damak tamamen dil kökü tarafından kapatılmıştır (59).



Şekil 7. Mallampati skoru (59, 60)

Klinik uygulama MMS Sınıf III ve IV, zor laringoskopi için uyarıcı kabul edilmektedir. Ancak, Lundstrom ve arkadaşlarının 177.088 hastayı kapsayan devasa meta-analizinde, Mallampati testinin tek başına zor entübasyonu öngörmedeki sensitivitesinin %35, spesifitesinin ise %91 olduğu bildirilmiştir (7). Bu durum, Mallampati testinin zor entübasyon vakalarının %65'inde hata (yanlış negatif) verdiğini açıkça göstermekte ve testin tek başına yetersizliğini kanıtlamaktadır. Ses çıkarma veya hastanın tam iş birliği yapmaması gibi faktörler, testin gözlemciler arası güvenilirliğini önemli ölçüde azaltmaktadır (9).

Tek başına kullanıldığı zaman yetersiz olduğunu belgeleyen diğer çalışmalar ise Danimarka Anestezi Veritabanı'ndan (DAD) 188.064 hastayı kapsayan geniş bir kohort

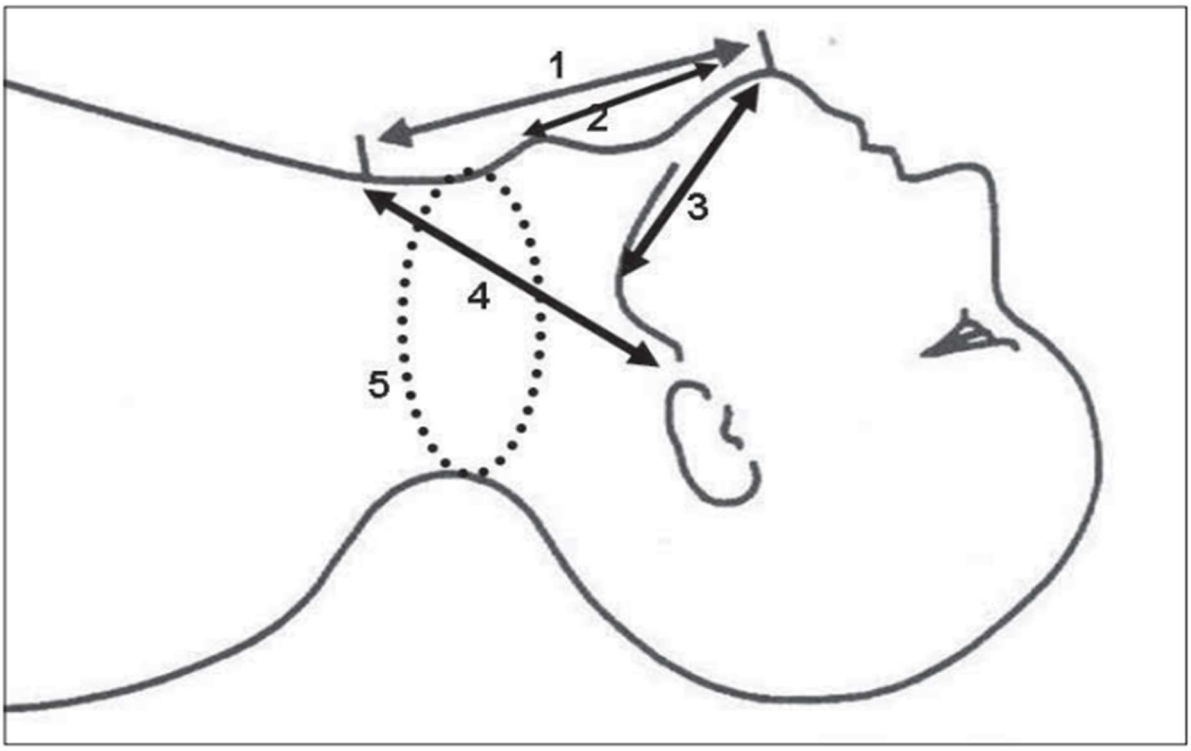
çalışması, MMS'nin klinik uygulamadaki duyarlılığının beklenenden çok daha düşük olduğunu ve zor entübasyonların önemli bir kısmının preoperatif gözden kaçırıldığını bildirmiştir (61).

Daha güncel olan ve JAMA'da yeni yayınlanan bir inceleme olan Rasyonel Klinik Muayene, MMS'nin tek başına klinik karar verme için zayıf bir kanıt düzeyi sağladığını doğruladı, hastanın konuşması/ses çıkarması veya baş pozisyonu gibi küçük hareketler bile sınıflandırmayı değiştirir ve gözlemciler arası farklılıkları artırır (62). Benzer şekilde Naftalovich ve arkadaşlarının 100 hastalık çalışmasında hastaların %42'sinde inspirasyonda, %36'sında ekspirasyonda Mallampati skorunun 1-2 puan kötüleştiği gösterilmiştir. Dört kategoriden oluşan bir sınıflama sisteminde solunum esnasında belirgin sapmalar yaratabilmesi MMS'nin öngörü gücüne yönelik uyarıdır. Bu bulgular, güçlü referans olan Cormack Lehane ile karşılaştırıldığında, çalışmamızda MMS'ye ek olarak objektif USG verilerine neden ihtiyaç duyulduğuna dair kanıtı sağlamaktadır (63).

5.1.2. Tiromental Mesafe (TMD) ve Sternomental Mesafe (SMD)

Tiromental Mesafe (Patil Testi): Baş tam ekstansiyondayken, tiroid kıkırdağın anterior çıkıntısı (Adem elması: Prominentia laryngea) ile mentum (çene ucu) arasındaki düz çizgi mesafesidir. Bu mesafe, submandibular boşluğun hacmini ve baş ekstansiyon kapasitesini dışarıdan yansıtır. Genellikle 6,5 cm (veya 3 parmak genişliği) den daha kısa bir mesafe olması, dilin laringoskopi sırasında submandibular alana yer değiştirmesi (komprese olması) için yeterli anatomik boşluk olmadığını gösterir. Roth ve arkadaşlarının 2018 yılı derlemesinde TMD'nin test doğruluğunun son derece değişken olduğunu göstermiştir (8).

Sternomental Mesafe (Savva Testi): Baş tam ekstansiyondayken sternumun üst kenarı (manubrium) ile mentum arasındaki mesafedir. Esasen servikal vertebraların mobilitesini yansıtır. 12,5 cm'den daha kısa bir mesafe olması zor laringoskopi için risk faktörü olarak kabul edilir. Her iki test de hastanın boy-kilo oranından (vücut yapısından) bağımsız olarak değerlendirildiği için tek başlarına yanıltıcı olabilmektedir (8).



Şekil 8. Boyun Ölçümleri.

1: Sternomental mesafe. 2: Tiromental mesafe. 3: Mandibula uzunluğu. 4: Boyun uzunluğu. 5: Boyun çevresi (64).

5.1.3. Üst Dudak Isırma Testi (ULBT- Upper Lip Bite Test)

Mandibula mobilitesini daha dinamik ölçmek için tasarlanmış Üst Dudak Isırma Testi, hastanın alt kesici dişleri ile üst dudağını ısırma (prognatizm) yeteneğine dayanır (27).

Sınıf I: Alt dişler üst dudağın vermilyon (mukoza) hattını geçer.

Sınıf II: Alt dişler üst dudağı ısırır ancak vermilyon hattını geçemez.

Sınıf III: Alt dişler üst dudağı ısıramaz (27).

Sınıf III olması güçlü bir zor laringoskopi belirtecidir. Faramarzi ve arkadaşları tarafından yapılan sistematik bir incelemesinde ULBT'nin spesifitesinin Mallampati'den daha yüksek olduğu ancak sensitivitesinin yine de tek başına klinik bir karar vermek için hala yetersiz olduğunu göstermiştir (4).

5.1.4. Çoklu (Multivaryant) Skorlama Sistemleri ve Kısıtlılıkları

Bireysel fiziksel muayene testlerinin düşük tahmin gücünün üstesinden gelmek için, birden fazla parametreyi birleştiren sistemler geliştirilmiştir. Bunların en bilinenleri şunlardır:

LEMON Skoru: Look externally (dışarıdan bakı: obezite, kısa boyun vb.), Evaluate 3-3-2 kuralı (ağız açıklığı 3 parmak, tiromental 3 parmak, tirohiyoid 2 parmak), Mallampati skoru, Obstruction (hava yolu obstrüksiyonu bulgusu) ve Neck mobility (boyun hareketliliği) parametrelerinden oluşur (65).

El-Ganzouri Risk İndeksi (EGRI): Ağırlık, baş-boyun hareketi, ağız açıklığı, TMD, Mallampati, prognatizm ve zor entübasyon öyküsünü içeren 7 parametreli, 0-12 arası puanlanan daha kompleks bir sistemdir (66).

Shiga ve arkadaşlarının 35 çalışma ve 50.760 hastayı kapsayan meta-analizinde tüm yatak başı tarama testleri içinde en yararlı kombinasyonun Modifiye Mallampati skoru ve tiromental mesafenin birlikte kullanılması olduğu bulunmuş ancak hiçbir testin tek başına yeterli güce sahip olmadığı gösterilmiştir (67).

Cochrane Veritabanı tarafından yayınlanan ve 844.206 hastayı kapsayan kapsamlı bir sistematik incelemede, çoklu skorlama sistemleri de dahil olmak üzere, mevcut hiçbir yatak başı klinik fizik muayene testinin zor hava yolunu kesin olarak dışlamak veya doğrulamak için yeterli tanısal doğruluğa sahip olmadığını ortaya çıkarmıştır. Geleneksel testlerin başlıca sınırlamaları, hasta iş birliğine bağımlılıkları, obezite veya ödem gibi durumlarda derin dokuları (örneğin pre-epiglottik yağ yastığı) dışarıdan değerlendirememeleri ve klinisyenin deneyimine özgü subjektif durumlardır (8).

Bu derin anatomik ve istatistiksel sınırlamalar, üst solunum yolunun iç yapılarını ve yumuşak doku kalınlıklarını milimetre hassasiyetinde kantitatif (sayısal) olarak görselleştirebilen ultrasonografinin (POCUS) anestezi pratiğine girmesinin yolunu açmıştır (10).

6. Ultrasonografi Kullanımı ve Hasta Başı Ultrasonografi (POCUS)

Geleneksel fizik muayene testlerinin yüksek yanlış negatiflik oranları, subjektif doğası ve gözlemciler arası farklılıkları, hava yolu yönetiminde daha objektif, tekrarlanabilir ve kanıta dayalı görüntüleme yöntemlerine olan ihtiyacı elzem hale getirmiştir (7). Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) gibi gelişmiş radyolojik incelemeler üst hava yolu anatomisini mükemmel bir rezolüsyonla gösterse de; bu yöntemlerin yüksek maliyetli olması, hastayı radyasyona maruz bırakması, ameliyathane koşullarında yatak başında uygulanamaması ve en önemlisi boyun ekstansiyonu gibi manevralar sırasında gerçek zamanlı değerlendirmeye olanak tanımaması nedeniyle bu yöntemlerin rutin hava yolu taramasında kullanımını pratik olmaktan çıkarmıştır (68). Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için, Hasta Başı Ultrasonografi (Point-of-Care Ultrasound- POCUS), non-invaziv, taşınabilir ve gerçek zamanlı olması nedeniyle anesteziyoloji pratiğinde yeni bir değişimi yaratmıştır (10).

6.1. Ultrasonografinin Temel Fiziksel Prensipleri ve Prob Seçimi

Ultrasonografi, piezoelektrik kristaller aracılığıyla üretilen ve insan kulağının işitme sınırının üzerindeki yüksek frekanslı (2-15 MHz) ses dalgalarını dokulara gönderme ve farklı doku yoğunluklarından yansıyan ekoların bilgisayar ortamında gri skala (B-mode) iki boyutlu görüntülere dönüştürme prensibiyle çalışır (69). Üst hava yolunun ultrasonografik muayenesinde, incelenecek anatomik yapının derinliğine bağlı olarak iki temel prob tipi kullanılmaktadır.

Yüksek Frekanslı Lineer Prob (10-15 MHz): Yüksek frekanslı ses dalgaları düşük doku penetrasyonuna ancak son derece yüksek yüzeysel çözünürlüğe (tipik olarak 3-5 cm derinlik) sahiptir. Bu prob; Cilt-epiglot mesafesi, krikotiroid membran, tiroid kıkırdak ve vokal kordlar gibi yüzeyel boyun yapılarının milimetrik ölçümünde standart olarak tercih edilmektedir (70).

Düşük Frekanslı Konveks Prob (2-5 MHz): Frekans düştükçe ses dalgalarının penetrasyon derinliği artar (10 cm ve üzeri), ancak yüzeyel çözünürlük azalır. Konveks prob, özellikle midsagittal ve submental yaklaşımla; dil kökü kalınlığı, dil hacmi ve hiyomental mesafe gibi büyük ve derin anatomik yapıların görüntülenmesi için kullanılmaktadır (30).

6.2. Üst Hava Yolu Sonoanatomisi ve Ultrasonografik İşaretleyiciler

Hava yolunun ultrasonografik muayenesinde dokuların akustik empedansındaki farklılıklar, B-mode ekranda spesifik ekojeniteler oluşturur. Bu ekojenitelerin doğru yorumlanması, ölçümlerin standartlaştırılması için kritik öneme sahiptir (10, 70).

Kemik Yapılar (Mandibula ve Hiyoid Kemik): Ses dalgalarını tamamen yansıttıkları için ekranda parlak beyaz (hiperekojen) lineer bir çizgi ve bu çizginin hemen arkasında siyah, derin bir akustik gölgelenme artefaktı ile karakterizedirler.

Kıkırdak Yapılar (Tiroid, Krikoid, Epiglot): Erişkin popülasyonda kalsifikasyon derecesine bağlı olarak genellikle hipoekojen (koyu gri/siyah) veya heterojen yapıda izlenirler.

Hava-Mukoza Arayüzü (Air-Mucosa Interface): Ultrason dalgaları hava dolu boşluklardan geçemez. Bu nedenle, trakea veya larenksin lümenindeki hava, dokuyla (lümen duvarı) buluştuğu sınırda son derece parlak, hiperekojenik bir çizgi oluşturur. Bu çizginin arkasında, doku ve hava arasında ses dalgalarının yankılanması sonucu "kuyruklu yıldız" yankılanma artefaktları meydana gelir. Bu artefakt, ultrasonografide açık bir hava yolu lümenini doğrulayan en temel sonoanatomik köşe taşıdır (70).

7. Spesifik Ultrasonografik Hava Yolu Parametrelerinin Literatür Analizi

Son on yılda yürütülen kapsamlı klinik araştırmalar, preoperatif dönemde yapılan spesifik ultrasonografik ölçümlerin, zor laringoskopi tahmininde klasik testlere göre önemli bir avantaja sahip olduğunu göstermiştir. Bu tez çalışmasının da ana odak noktasını oluşturan başlıca ultrasonografik parametreler aşağıda detaylandırılmıştır (71).

7.1. Dil Kökü Kalınlığı ve Hacmi

Dil, ağız boşluğunun en büyük yumuşak doku bileşenidir. Makroglossi veya submental bölgesinde ektopik yağ birikimi, laringoskopi sırasında Macintosh bleydinin dili ekarte etmesini ve submandibular boşluğa sıkıştırmasını mekanik olarak engeller ve bu da laringoskopi işlemlerinin zorlaşmasına yol açar (72).

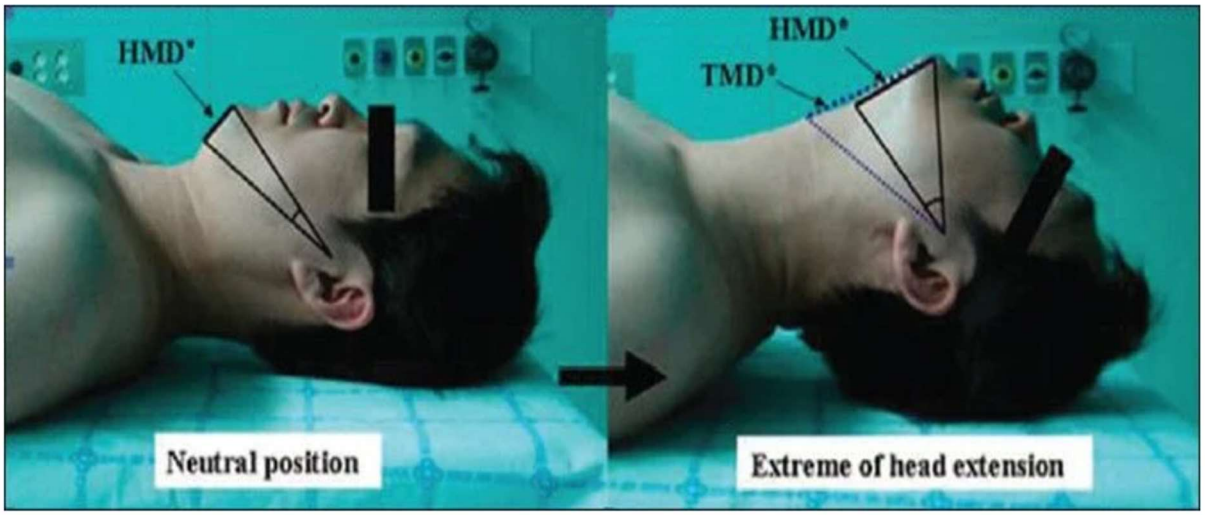
Ölçüm Tekniği: Hasta supin pozisyonda ve başı nötr eksenle hizalanmış haldeyken, midsagittal düzlemde submental bölgeye konveks bir prob yerleştirilir. Görüntü dondurulduktan sonra, cilt yüzeyinden dilin en kıvrımlı ve en kalın noktasına (dorsum) olan dikey mesafe ölçülür (3).

Literatür Bulguları ve Prediktif Değer: Yao ve arkadaşları tarafından 2017 tarihinde 2254 hasta üzerinde yapılan geniş ölçekli prospektif bir çalışmada, dil kökü kalınlığının erkeklerde >61 mm (6,1 cm), kadınlarda >58 mm olmasının zor endotrakeal entübasyon için bağımsız ve çok güçlü bir risk faktörü olduğu kanıtlanmıştır (72). Benzer şekilde, Yadav ve arkadaşları tarafından 2019 tarihinde, midsagittal dil kökü kalınlığının, zor laringoskopi tahmininde Modifiye Mallampati Skoru ve tiromental mesafeden istatistiksel olarak daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu bulmuştur (14). Furia ve arkadaşları ise zor entübasyonlu hastalarda ortalama dil kökü kalınlığının 48,3 mm olduğunu ve kontrol grubuna (43,8 mm) göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu doğrulamıştır (3).

7.2. Hiyomental Mesafe ve Hiyomental Mesafe Oranı (HMDR)

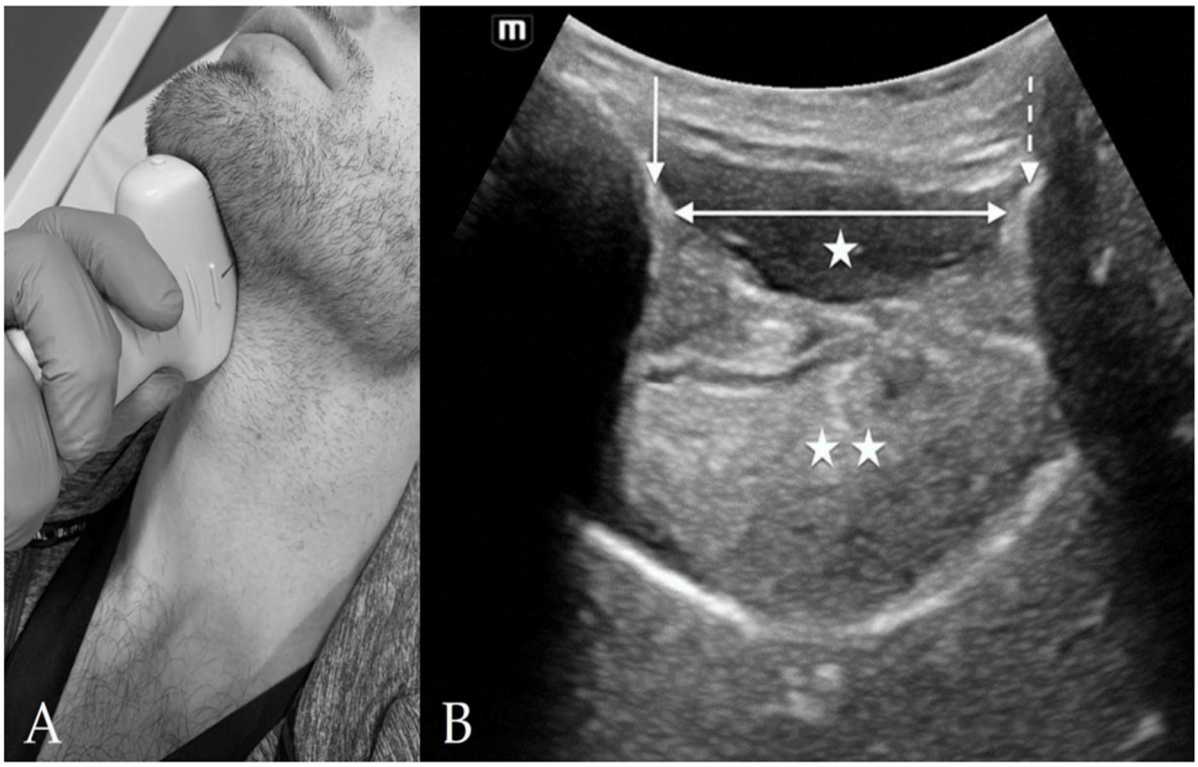
Hiyomental mesafe (HMD), hiyoid kemiğinin üst kenarı ile mentum arasındaki doğrusal mesafedir. Boyun ekstansiyonu sırasında hiyoid kemiğinin kraniyal yönde yer değiştirmesi, submandibular bölgenin esnekliğini ve oksipito-atlanto-aksiyal eklem kompleksinin ekstansiyon kapasitesini objektif olarak yansıtır (30). HMDR1 ve HMDR2 ölçümleri Petrisor ve ark. tarafından tanımlanmıştır (13). Bu çalışmamızda HMDR2 (max ekstansiyon HMD / nötr HMD) kullanılmıştır.

Ölçüm Tekniği: Ölçüm, konveks bir prob ile orta sagittal düzlemde gerçekleştirilir. İlk ölçüm, baş nötr pozisyondayken alınır. Daha sonra hastadan başını maksimum ekstansiyon pozisyonuna getirmesi istenir ve ikinci ölçüm kaydedilir. Hiyomental Mesafe Oranı, ekstansiyondaki mesafenin nötr pozisyondaki mesafeye bölünmesiyle elde edilen bir indekstir (HMD ekstansiyon/ HMD nötr) (13).



Şekil 9. Suprahiyoid pozisyonda hiyomental mesafe (HMD) ölçümü.
(Honarmand ve Ansari, 2014) (73)

Literatür Bulguları ve Prediktif Değer: Sağlıklı bireylerde HMD, baş ekstansiyonuyla nötr pozisyona göre yaklaşık %20 artar ki bu da HMDR'nin >1,2 olmasına karşılık gelir. Kore kayıtlarında (2009) yapılan bir çalışmada, HMDR'nin 1,2'nin altında tutulmasının zor laringoskopiyi tahmin ettiği bildirilmiştir (29). Petrisor ve ark. (2018), obez ve genel hastalarda HMDR için ideal eşik değerini 1,23 olarak belirlemiş; HMDR'nin 1,23'ün altında olması zor laringoskopi (Cormack-Lehane 3-4) insidansını önemli ölçüde artırdığını ve bu oranın özgüllüğünün %90,5'e ulaştığını bulmuşlardır (13). Aynı yazar grubunun 2020 yılında yayımladığı yeniden değerlendirme çalışmasında; klinik palpasyonla ölçülen HMDR ile ultrasonografik HMDR arasındaki korelasyonun morbid obez hastalarda bariz zayıfladığı ve klinik ölçüm gücünün ultrasonografik ölçümün gerisinde kaldığı gösterilmiştir. Bu bulgu ile yağ dokunun palpasyonu güçleştirdiği hastalarda, klinik ölçümlerin yerini ultrasonografiye bırakması gerektiği belirtilmektedir (74).



Şekil 10. Suprahiyoid Görünüm.

(A) Probun suprahiyoid bölgeye sagittal yerleştirilmesi. (B) Ön boynun suprahiyoid görünümü. Mandibulanın mentumu düz okla, hiyoid kemiği ise kesikli okla gösterilmiştir. Hipoekoik mylohiyoid ve geniohiyoid kaslarının (tek yıldız) altında dil (çift yıldız) bulunur. Hiyomental mesafe (HMD) çift başlı okla gösterilmiştir (75).

7.3. Cilt-Epiglot Mesafesi (Distance from Skin to Epiglottis- DSE, CEM)

Anterior boyun yumuşak doku kalınlığı en kritik parametredir. Preepiglottik yağ dokusunun kalınlaşması (CEM artışı), laringoskopi sırasında hiyoepiglottik ligamentin gerilmesini ve epiglotun yükselmesini mekanik olarak engeller (33).

Ölçüm Tekniği: Yüksek frekanslı lineer bir prob, hiyoid kemiği ile tiroid kıkırdağı arasına (tirohiyoid membran seviyesinde) transvers (aksiyel) düzlemde yerleştirilir. Ultrason ekranında, epiglot hipodens, hava-mukoza arayüzünün hemen önünde, ters C veya at nalı şeklinde görüntülenir. Cilt yüzeyinden epiglotun ön sınırına olan mesafe ölçülür (76).

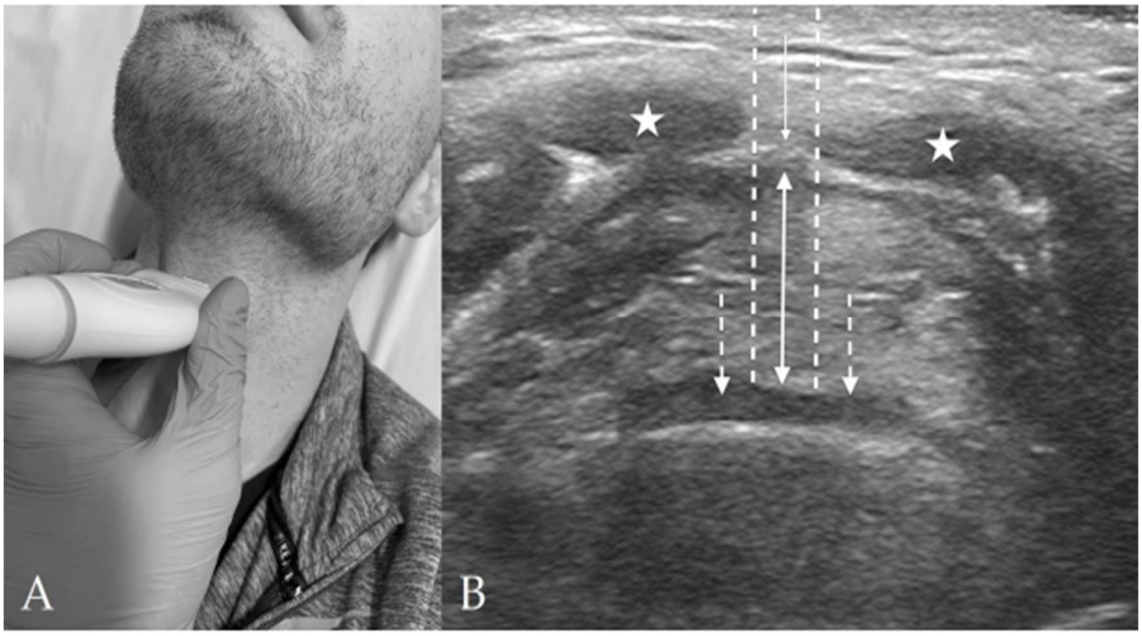
Literatür Bulguları ve Prediktif Değer: CEM, mevcut literatürde zor laringoskopiyi tahmin etmek için en tutarlı ve güvenilir ultrasonografik belirteç olarak kabul edilmektedir. Pinto ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışma, artan CEM ile zor laringoskopi arasında

bir korelasyon olduğunu ve 2,75 cm'nin üzerindeki değerlerin kesin bir risk olarak kabul edildiğini göstermiştir (12). Ni ve arkadaşları tarafından 211 hasta üzerinde yapılan analizi, CEM 'in bağımsız bir prediktör olduğunu ve zor laringoskopiyi tahmin ettiğini bildirmiştir (34). Carsetti ve arkadaşlarının tüm preoperatif ultrason testlerini kapsayan bir meta-analiz çalışmasında, CEM ölçümünün, Modifiye Mallampati Skoru da dahil olmak üzere tüm fiziksel muayene testleri arasında en yüksek tanısal doğruluğa sahip olduğunu göstermiştir (16).

Senapathi ve arkadaşlarının 128 hastalık prospektif çalışmasında CEM için optimal eşik değer 26.05 mm olarak belirlenmiştir (77). Kunwar ve arkadaşlarının güncel ve geniş kapsamlı çalışmasında ise zor laringoskopi grubunda CEM 21.1 mm, kolay laringoskopi grubunda 14.3 mm olarak ölçülmüş olup tanısal doğruluğu %97,1 olarak rapor edilmiş ve klasik testlerin tümünden üstün bulunmuştur (78).

Obez popülasyonlarda CEM'in eşik değeri farklılık göstermektedir. Moura ve arkadaşlarının 100 hasta ile yaptığı çalışmada CEM sınır değeri 29.3 mm olarak belirlenmiş olup diğer klinik parametrelerin tek başlarına anlamsız kalmasına karşın yalnızca CEM ölçümünün anlamlı öngörücü olduğu gösterilmiştir. Bu bulgu ile klasik testlerin obez popülasyonda yetersiz kaldığı durumlarda CEM'in tanısal gücüne dikkat çekmektedir (79).

Martinez-Garcia ve arkadaşları CEM'in tek başına ve diğer parametrelerle kullanımını incelemiş; CEM'in Modifiye Mallampati skoru, tiromental mesafe ve ULBT ile birlikte kullanıldığında zor laringoskopi öngörüsünü anlamlı şekilde iyileştirdiği gösterilmiştir (80). Chhabra ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ise CEM'in diğer ön boyun ölçümlerine kıyasla üstünlüğünü doğrulamaktadır (81).



Şekil 11. Tirohiyoid Görünümü.

(A) Probun yerleştirilmesi. (B) Ön boynun görünümü. Pre-epiglottik boşluk (düz, çift başlı ok), tirohiyoid membran (düz, tek başlı ok) ve epiglot (kesikli oklar) arasında görünmektedir. İnfrahiyoid kaslar (yıldızlar) ve cilt- epiglot mesafesi (CEM), iki kesikli çizgi ile gösterilmiştir (75).

7.4. Diğer Ultrasonografik Parametreler

Çalışmamızın ana parametreleri olmamakla birlikte, literatürde yeri olan diğer ön boyun ölçümleri şunlardır:

Cilt-Vokal kord Mesafesi (DSVC= Distance from Skin to Vocal Cords): Tiroid kıkırdağı seviyesinde transvers düzlemde ölçülür. Özellikle obez hastalarda incelenmiştir, ancak zor laringoskopi tahmininde istatistiksel olarak CEM'e göre daha az tutarlı olduğu bulunmuştur (15, 82).

Cilt-Hiyoid Kemik Mesafesi (DSHB): Bu ölçüm hiyoid kemiği seviyesinde alınır. Adhikari ve arkadaşları bu mesafenin zor entübasyon grubunda daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ancak bu, CEM kadar kapsamlı çalışmalarla doğrulanmamıştır (83).

Literatürde vokal kord seviyesindeki ön boyun yumuşak doku kalınlığının (ANST/DSVC) ultrasonografik ölçümünün zor laringoskopiyi öngörmedeki etkinliği konusunda farklı veriler

bulunmaktadır. Ezri ve arkadaşlarının morbid obez hastalar ile yapılan araştırmasında, zor laringoskopi vakalarında ultrason ile ölçülen bu dokunun belirgin şekilde daha kalın olduğunu ve zor entübasyonu mükemmel bir şekilde ayırdığını savunmaktadır (50). Diğer görüş olan Komatsu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise bu ölçümün tek başına öngörücü olmadığını göstermiştir. Hatta bu vakalarda pre-trakeal dokunun, klinik açıdan önemsiz bir düzeyde de olsa daha ince ölçülebildiği saptanmıştır (82).

Sonuç olarak, literatür verilerine dayanarak, ultrasonografik hava yolu değerlendirmesi (CEM, HMDR ve dil kökü kalınlığının kombinasyonu), klinik muayene testlerinin aksine, hasta iş birliğinden bağımsız olması, objektif, nicel veriler sağlaması ve laringoskopi işlemini doğrudan etkileyen yapıları değerlendirmesi nedeniyle klinik uygulamada üstün bir tanı aracıdır (71).

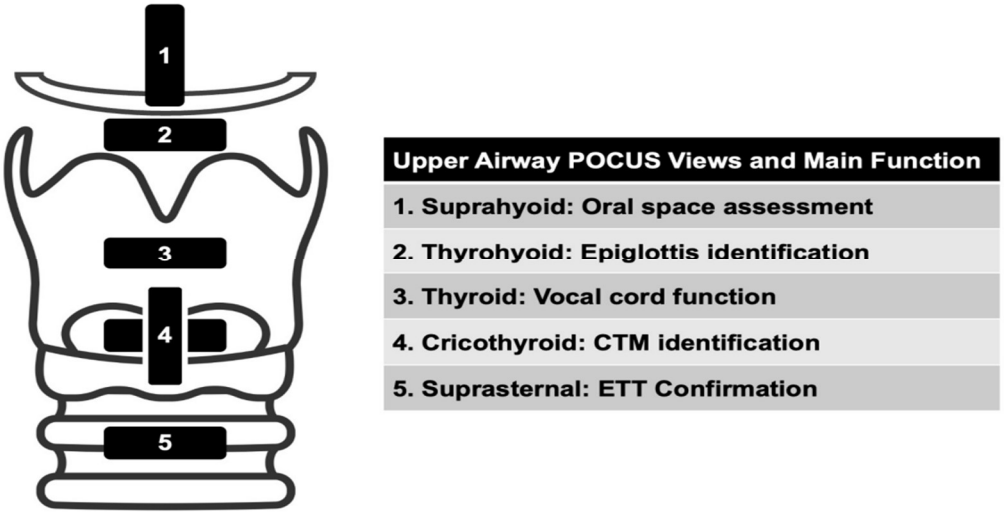
7.5. Ultrasonografik Değerlendirmede Zaman Maliyeti ve Uygulanabilirlik

Yeni bir tanı yönteminin rutin klinik uygulamaya girmesi için hem tanı gücü hem de uygulanabilirlik süresi çok önemli faktörlerdir. Klasik fizik muayene yöntemleri (MMS, TMD) saniyeler içinde tamamlanabilirken, Hasta Başı Ultrasonografi (POCUS), anestezi pratiğinde hızlı, invaziv olmayan, güvenli ve tekrarlanabilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Deneyimli uygulayıcılar tarafından klinik iş akışını bozmadan hızlı bir şekilde uygulanabilmektedir (10, 69). Ultrasonografinin kullanımı ameliyat öncesi hazırlık süresini biraz uzatsa da öngörülemeyen zor hava yolu senaryolarının neden olabileceği hipoksi, hava yolu travması, kalp durması ve ölüm gibi felaket niteliğindeki komplikasyonlar göz önüne alındığında, bu ek zaman maliyeti hasta güvenliği açısından oldukça tolere edilebilir ve mantıklı kabul edilmektedir (26, 45).

7.6. DARES Protokolü: Standardize Bir Ultrasonografik Yaklaşım

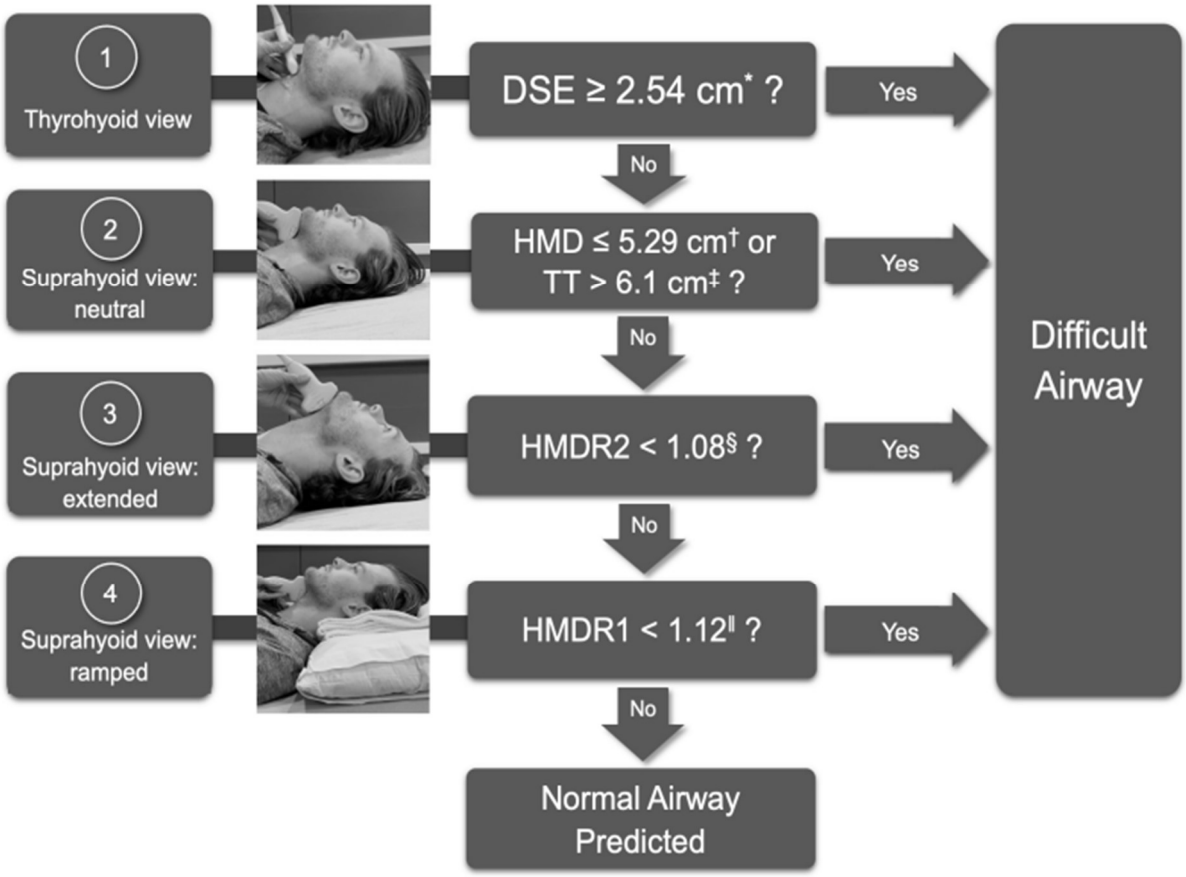
Literatürdeki ultrasonografik parametrelerin çokluğu ve karmaşasını standartlaştırmak için 2023 yılında Lin ve arkadaşları DARES protokolünü oluşturmuştur (75). Bu protokol tirohiyoid ve suprahiyoid pencereleri kullanarak cilt-epiglot mesafesi (CEM), hiyomental mesafe ve oranları (HMD ve HMDR) ve dil kökü kalınlığını değerlendirir. Literatürde öne

çıkan kesim değerlerini baz alarak karmaşık ölçümleri pratik bir taramaya dönüştürür. Literatürdeki bu standardizasyon yaklaşımının varlığından da yola çıkarak çalışmamızdaki CEM, HMDR ve dil kökü kalınlığı parametrelerinin zor laringoskopiyi öngörmedeki etkinliğinin araştırılması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 12. Üst Hava Yolu POCUS görüntüleme pencereleri (75).

DARES, ön boyun değerlendirmesini iki standart pencereye indirgeyerek dağınık hava yolu USG literatürünü toparlar. Suprahiyoid pencerede konveks probla midsagittal düzlemde dil kökü kalınlığı ile nötr ve ekstansiyon pozisyonlarındaki HMD ve buradan hesaplanan HMDR ölçülür; tirohiyoid pencerede ise lineer probla transvers düzlemde CEM değerlendirilir. Protokol yeni bir ölçüm getirmez; literatürde öngörü gücü en yüksek parametreleri sabit bir sıra ve yöntemle birleştirir. Asıl kazancı pratiktedir: ölçüm uygulayıcıdan bağımsız ve tekrarlanabilir hale gelir, kısa sürede tamamlanan bir tarama olarak ameliyathane temposuna uyar (75).



Şekil 13. DARES Protokolü.

(Sonografi ile Zor Hava Yolu Değerlendirmesi: Difficult Airway Evaluation with Sonography) (75).

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, elektif cerrahi planlanan yetişkin hastalarda zor laringoskopi tahmininde ameliyat öncesi ultrasonografik hava yolu değerlendirmesinin etkinliğini belirlemek amacıyla prospektif, gözlemsel ve tek merkezli bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Çalışma protokolü, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından 2025-23/07 numaralı ve 25/12/2025 tarihli karar ile onaylanmıştır. Araştırma, Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütülmüştür. Çalışmaya dahil edilen tüm hastalara ameliyat öncesi araştırma hakkında sözlü ve yazılı bilgi verilmiş ve her birinden "Bilgilendirilmiş Onam Formu" alınmıştır.

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Tıp Fakültesi Mengücek Gazi Eğitim ve Araştırma Hastanesi ameliyathanesinde 05/01/2026 ile 05/05/2026 tarihleri arasında genel anestezi altında orotrakeal entübasyon gerektiren elektif cerrahi planlanan hastalar çalışmaya dahil edilmiştir.

Örneklem büyüklüğü hesabı Yao W ve arkadaşlarının yaptığı çalışma referans alınarak yapılmıştır. Bu çalışmadan, dil kökü kalınlığı ölçümüne ilişkin tanısal ölçütler (gold standart Cormack Lehane) duyarlılık=0,90 özgüllük=0,66 olarak elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak, tip 1 hata (α)=0,05 Güç(1-β) =0,90 alındığında, zor laringoskopi prevalansı 0.1 iken iki yönlü binom testi kullanılarak duyarlılığın 0,50'den 0,90'a değişimini saptamak için %94 güç elde edilirken, özgüllüğünün 0,50'ten 0,66'ya değişimini saptamak için %100 güç elde edilmektedir. Buna göre çalışmaya alınması gereken hasta sayısı en az 15 hasta zor laringoskopi olacak şekilde minimum 150 kişidir. Olası protokol ihlalleri, uyumsuzlukları, eksik veriler ve dışlanma olasılıkları göz önünde bulundurularak çalışmaya toplam 247 hasta dahil edilmiştir.

Dahil Edilme Kriterleri: 18-65 yaş arası yetişkin hastalar, Amerikan Anesteziyologlar Derneği (ASA) fiziksel sınıflandırmasına göre I, II ve III olan hastalar, elektif cerrahi ve planlı orotrakeal entübasyon uygulanacak vakalar.

Hariç Tutulma Kriterleri: Acil cerrahi işlemler, zor hava yolu veya zor entübasyon öyküsü olan hastalar, vücut kitle indeksi (VKİ) > 35 kg/m² olan hastalar (morbid obez), hamile kadınlar, bilinen üst solunum yolu sorunları, kitleleri veya önemli anatomik anomalileri olanlar, tümörler, önceki ameliyat veya radyoterapi öyküsü olan hastalar, servikal vertebra cerrahi öyküsü olan ve hareketliliği ciddi şekilde kısıtlı olan hastalar, trakeostomi öyküsü olan hastalar,

yoğun sakal nedeniyle ultrason probunun akustik bağlantısının kurulamadığı vakalar, iş birliği yapamayan mental retarde hastalar veya onayı alınamayan hastalar.

Klinik Değerlendirme Protokolü

Tüm hastalar, ameliyattan bir gün önce veya ameliyat sabahı preoperatif bekleme odasında aynı anestezist tarafından klinik olarak değerlendirildi. Hastaların yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu ve BMI verileri kaydedildi.

Hasta oturur pozisyonda, başı nötr eksende, ağzı maksimum açık ve dili maksimum uzatılmış (ses çıkarmadan) haldeyken orofaringeal yapılar gözlemlendi. Sınıflandırma, Samsoon ve Young modifikasyonuna göre yapıldı (Sınıf I-IV). MMS III ve IV olanlar zor laringoskopi adayı olarak kabul edildi. Tiromental mesafe ve ağız açıklığı cetvel yardımı ile ölçüldü.

Mallampati skoru, tiromental mesafe ve ağız açıklığı ölçümleri de dahil olmak üzere klasik fizik muayenenin süresi, değerlendirici hastaya talimat verdiği andan sonuçların kaydedildiği ana kadar dijital kronometre kullanılarak saniye cinsinden kaydedildi.

Ultrasonografik Değerlendirme Protokolü

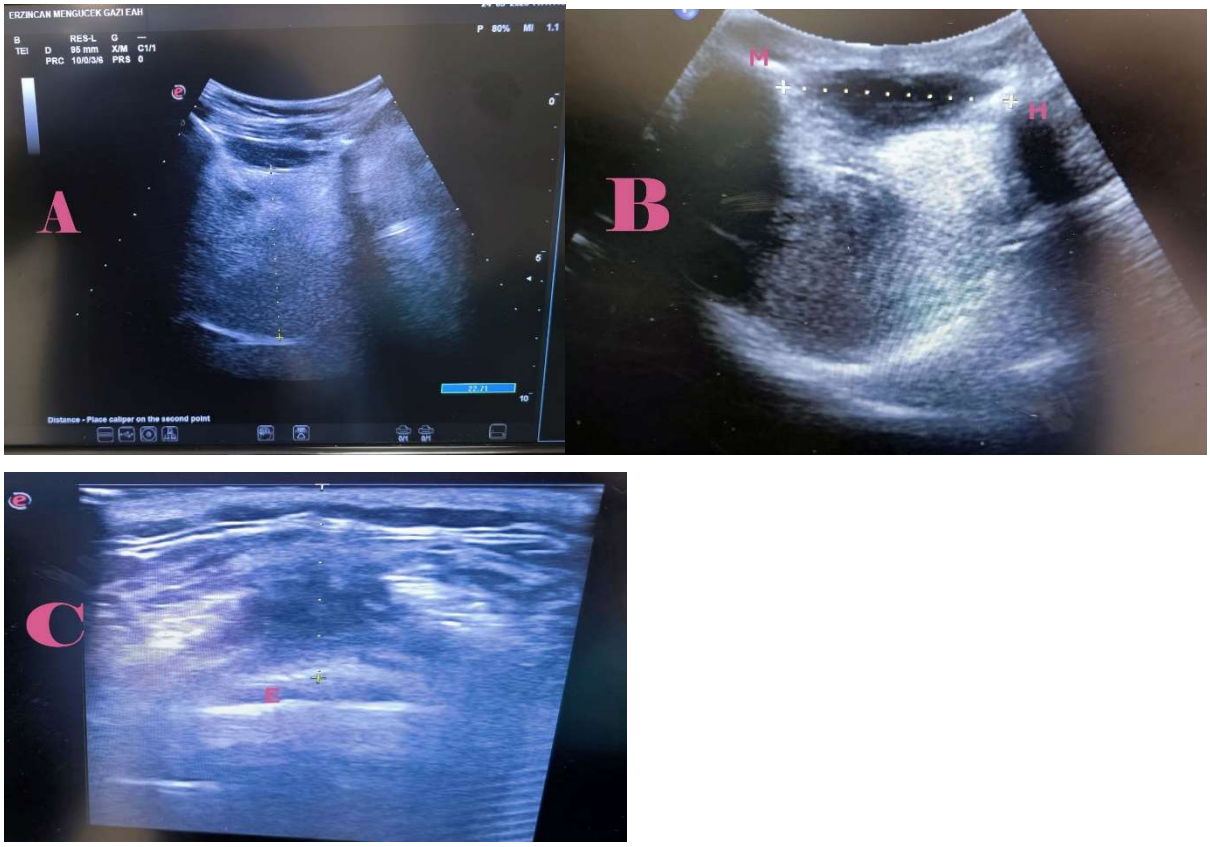
Ultrasonografik ölçümler, hasta ve klinik verilerden habersiz, hava yolu ultrasonografisi konusunda eğitimli bir anestezist tarafından klinik muayeneden hemen sonra gerçekleştirildi. Ölçümler için Esaote MyLab Six ultrason cihazı ve anatomik bölgeye uygun lineer (SL1543) ve konveks (AC2541) probları kullanıldı.

Dil Kökü Kalınlığı Ölçümü: Hasta sırtüstü pozisyonda ve baş nötral eksende iken, sagittal düzlemde çene altı bölgeye düşük frekanslı (2-5 MHz) konveks bir prob yerleştirildi. Görüntü dondurulduktan sonra dilin en kalın yerinden dikey mesafe milimetre cinsinden ölçüldü.

Hiyomental Mesafe Oranı (HMDR): Ölçüm, konveks bir prob ile orta hatta gerçekleştirildi. İlk olarak, baş nötral pozisyondayken, çenenin mentumu ile hiyoid kemiği arasındaki hiyomental mesafe (HMD-nötral) ölçüldü. Daha sonra hastadan başını maksimum uzatma pozisyonuna getirmesi istendi ve ikinci bir ölçüm (HMD-ekstansiyon) alındı. HMDR değeri, ekstansiyonda ölçülen mesafesinin nötr mesafeye bölünmesiyle hesaplandı.

Cilt-Epiglottis Mesafesi (CEM**):** Yüksek frekanslı (10-15 MHz) lineer bir prob, transvers düzlemde hiyoid kemiği ile tiroid kıkırdağı arasındaki tirohiyoid alana yerleştirildi.

Epiglottisin hipoekoik görüntüsü netleştirildikten sonra, cilt yüzeyinden epiglottisin ön sınırına olan mesafe milimetre cinsinden ölçüldü.



Şekil 14. Ultrasonografik Parametreler

A: Dil kökü, B: Hiyomental mesafe, C: Cilt-epiglot mesafesi

Probun hastanın cildine temas ettiği andan itibaren üç parametrenin (dil kökü kalınlığı, HMDR, CEM) ölçümlerinin tamamlanmasına ve kaydedilmesine kadar geçen süre saniye cinsinden kaydedildi.

Anestezi Yönetimi ve Laringoskopi: Ameliyathaneye alınan hastalara standart izleme (EKG, non-invaziv kan basıncı, SpO2, EtCO2) uygulandı. Tüm hastalara 2-3 dakika boyunca %100 O2 ile preoksijenasyon yapıldı. Anestezi indüksiyonu midazolam (0,03 mg/kg), fentanil (1 µg/kg), lidokain (1mg/kg) ve propofol (2-3 mg/kg) ile gerçekleştirildi. Kas blokajı için rokuronyum (0,6 mg/kg) uygulandı.

Endotrakeal entübasyonu gerçekleştiren anestezist, hastanın MMS skoru ve ultrasonografik ölçüm değerlerinden habersizdi. Ölçümleri yapan anestezist ile entübasyonu yapan anestezist farklı kişilerdi ve veriler entübasyon sonrasına kadar paylaşılmadı. Endotrakeal entübasyon ve Cormack Lehane skorlaması en az 4 yıllık hava yolu yönetimi

deneyimine sahip aynı anestezist tarafından gerçekleştirildi. Laringoskopi Macintosh 3 numaralı bleyd ile yapıldı. Zor laringoskopide stile, buji ve AUG VLD-150 marka video laringoskop kullanıldı. Laringoskopik görüntü kalitesi, güçlü bir referans olarak kabul edilen Cormack-Lehane (CL) sınıflandırmasına göre derecelendirildi. Bu sınıflandırmada, 1. ve 2. evreler kolay laringoskopi olarak tanımlanırken 3. ve 4. evreler ise zor laringoskopi olarak tanımlandı ve bu bilgi not alındı.

İstatistik

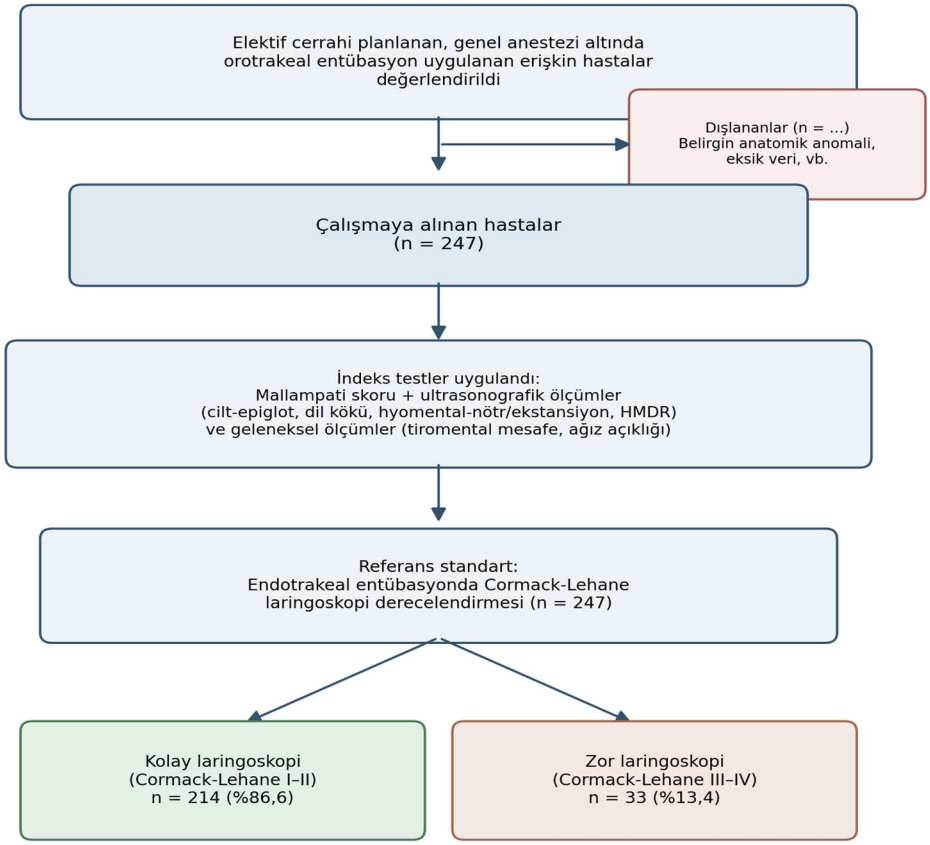
Çalışmadaki istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) paket programı ile yapıldı. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Değişkenler normal dağılım göstermediğinden tanımlayıcı istatistikler medyan (ÇAA), kategorik değişkenler frekans ve yüzde (%) olarak verildi.

Kolay ve zor laringoskopi gruplarının karşılaştırılmasında sürekli değişkenler için Mann-Whitney U testi, kategorik değişkenler için Pearson Ki-kare veya Fisher'ın kesin testi kullanıldı. Klinik ve ultrasonografik ölçüm süreleri Wilcoxon işaretli sıra testi ile karşılaştırıldı. Mallampati ile Cormack-Lehane uyumu Cohen kappa ve kontenjans katsayısı, sürekli değişkenler arasındaki ilişki Spearman korelasyon analizi ile incelendi.

Zor laringoskopinin bağımsız belirleyicileri yaş ve cinsiyete göre düzeltilmiş binary lojistik regresyon ile belirlendi. Ölçümlerin ayırt ediciliği ROC analizi ile değerlendirildi; eğri altında kalan alan (AUC), Youden indeksine göre kesme değerleri ile duyarlılık ve özgüllük hesaplandı, AUC değerleri DeLong testi ile karşılaştırıldı. $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

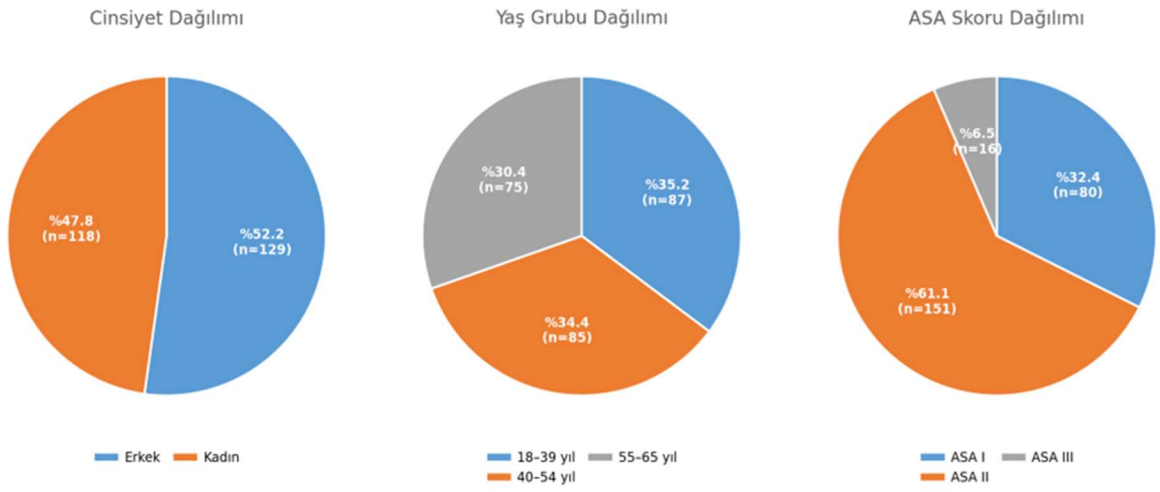
Çalışmamız 05.01.2026–05.05.2026 tarihleri arasında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Tıp Fakültesi Mengücek Gazi Eğitim ve Araştırma Hastanesi ameliyathanesinde elektif cerrahi planlanan ve genel anestezi altında orotrakeal entübasyon uygulanan 247 erişkin hasta ile yapıldı. Hastaların hepsine ameliyat öncesinde Mallampati skorlaması ve ultrasonografik hava yolu ölçümleri uygulandı. Laringoskopi esnasında Cormack-Lehane derecelendirmesi yapıldı, hastalar kolay ve zor laringoskopi gruplarına ayrıldı. Hasta akış şeması (STARD: Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies= Tanısal Doğruluk Çalışmalarının Raporlanması Standartları) Şekil 15'te özetlenmiştir.



Şekil 15. Hasta Akış Şeması: STARD

(STARD Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies = Tanısal Doğruluk Çalışmalarının Raporlanması Standartları)

Çalışmaya alınan 247 hastanın 129'u (%52,2) erkek, 118'i (%47,8) kadındı. Hastaların yaş medyanı 46 (çeyrekler arası aralık, ÇAA: 32–58) yıldı. Yaş gruplarına göre dağılım incelendiğinde hastaların 87'si 18–39 yaş, 85'i 40–54 yaş ve 75'i 55–65 yaş idi. Vücut kitle indeksi (BMI) medyanı 27,8 kg/m² olarak ölçüldü. Amerikan Anesteziyoloji Derneği (ASA) sınıflamasına göre 80 hasta (%32,4) ASA I, 151 hasta (%61,1) ASA II ve 16 hasta (%6,5) ASA III idi. Çalışma grubu yaş, cinsiyet ve fiziksel durum açısından dağılım dengeliydi. Hastaların çoğu ASA I–II sınıfındaydı. Yaş grupları birbirine yakın oranlarda bulundu. Hastaların demografik bilgileri Şekil 16'te gösterilmiştir.



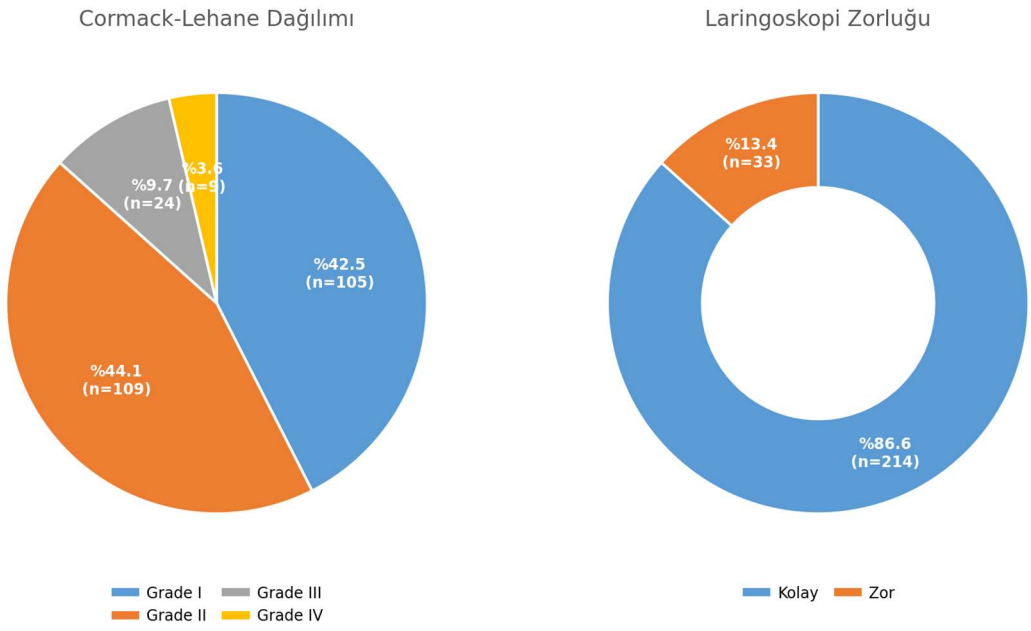
Şekil 16 Demografik bilgiler

Kolay ve zor laringoskopi gruplarının demografik bilgileri Tablo 2'de verildi. İki grup arasında cinsiyet dağılımı açısından anlamlı fark yoktu (p=0,775). Zor laringoskopi grubundaki hastaların yaş medyanı 54 (42–60) yıl iken kolay laringoskopi grubunda 46 (31–57) yıl idi. İki grup arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,029). BMI değeri zor laringoskopi grubunda daha yüksekti: değerler 29,70 (27,60–31,10) ve 27,50 (25,00–29,70) kg/m² ölçülmüş olup iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p=0,001). ASA skoru da zor laringoskopi grubunda daha yüksek bulundu (p=0,005). Her iki grupta da medyan ASA skoru 2 olmakla birlikte zor laringoskopi grubunda hastaların daha yüksek ASA değerine kaydığı görüldü.

Tablo 2. Kolay ve zor laringoskopi gruplarının demografik ve klinik özellikleri.

Özellik	Kolay (n=214)	Zor (n=33)	p
Erkek, n (%)	111 (51,9)	18 (54,5)	0,775
Kadın, n (%)	103 (48,1)	15 (45,5)	
Yaş (yıl)	46 (31–57)	54 (42–60)	0,029
BMI (kg/m²)	27,50 (25,00–29,70)	29,70 (27,60–31,10)	0,001
ASA skoru	2 (1–2)	2 (2–2)	0,005

Cormack-Lehane sınıflamasına göre 105 hasta (%42,5) grade I, 109 hasta (%44,1) grade II, 24 hasta (%9,7) grade III ve 9 hasta (%3,6) grade IV olarak değerlendirildi. Grade I ve II için kolay laringoskopi grubu (n=214, %86,6), grade III ve IV için de zor laringoskopi grubu (n=33, %13,4) oluşturuldu. Bu dağılım Şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 17. Cormack-Lehane dereceleri ve kolay/zor laringoskopi grubu.

Mallampati skoru ile Cormack-Lehane sınıflamasının ortak dağılımı Tablo 3'de verilmiştir. Mallampati'nin zor laringoskopiyi öngörmedeki duyarlılığını %60,61 (%95 GA 42,14–77,09), özgüllüğünü ise %91,59 (%95 GA 87,03–94,94) olarak bulduk. Pozitif prediktif değeri %52,63, negatif prediktif değeri %93,78 idi. Pozitif olabilirlik oranı 7,21, negatif olabilirlik oranı 0,43 olarak hesaplandı. Testin doğruluk oranı %87,45 olarak belirlendi. Zor

laringoskopi oranının düşük olması nedeniyle bu oran tek başına yorumlanmadı. Sonuçta Mallampati skoru ile kolay laringoskopi öngörülen hastalarda güvenilir sonuç alınırken, zor denilen hastalarda ise yaklaşık yarısında doğru öngörüde bulunabildi. Mallampati skorlaması ve Cormack-Lehane referans standart skorlama yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptandı (χ^2= 59.834, p <0.001), ancak kontenjans katsayısı C = 0.442 (p <0.001) olması iki değişken arasındaki ilişkinin orta düzeyde olduğunu desteklemektedir.

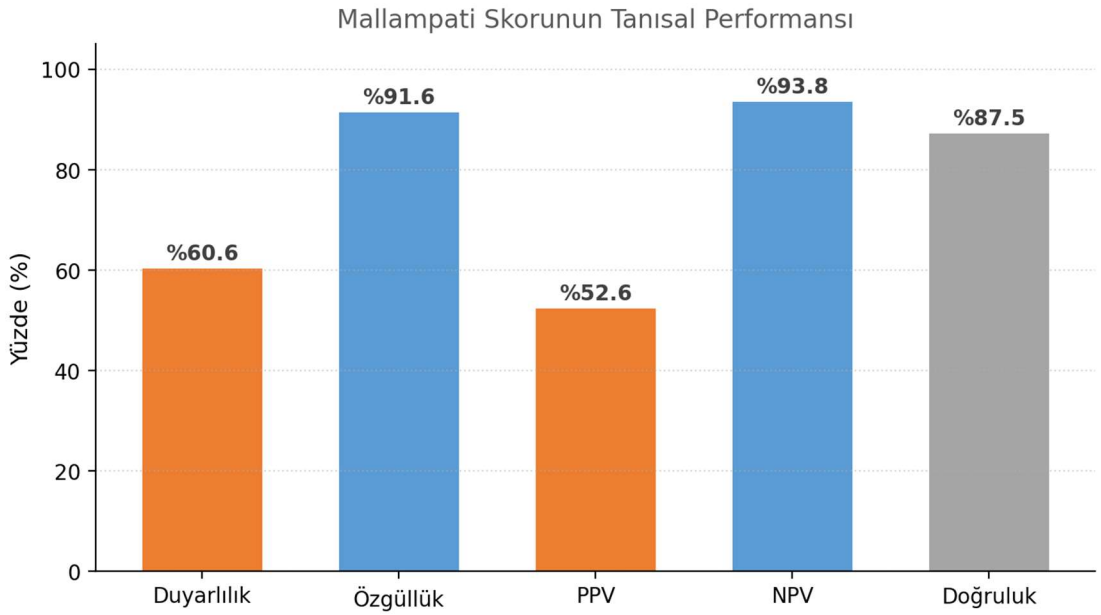
Tablo 3. Mallampati ve Cormack-Lehane değerlendirmelerinin çapraz sınıflandırması

		Mallampati Kolay	Mallampati Zor	Toplam
Cormack-Lehane	Kolay	196	18	214
	Zor	13	20	33
Toplam		209	38	247

Tablo 4. Mallampati'nin Cormack-Lehane'ye göre tanısal performansı

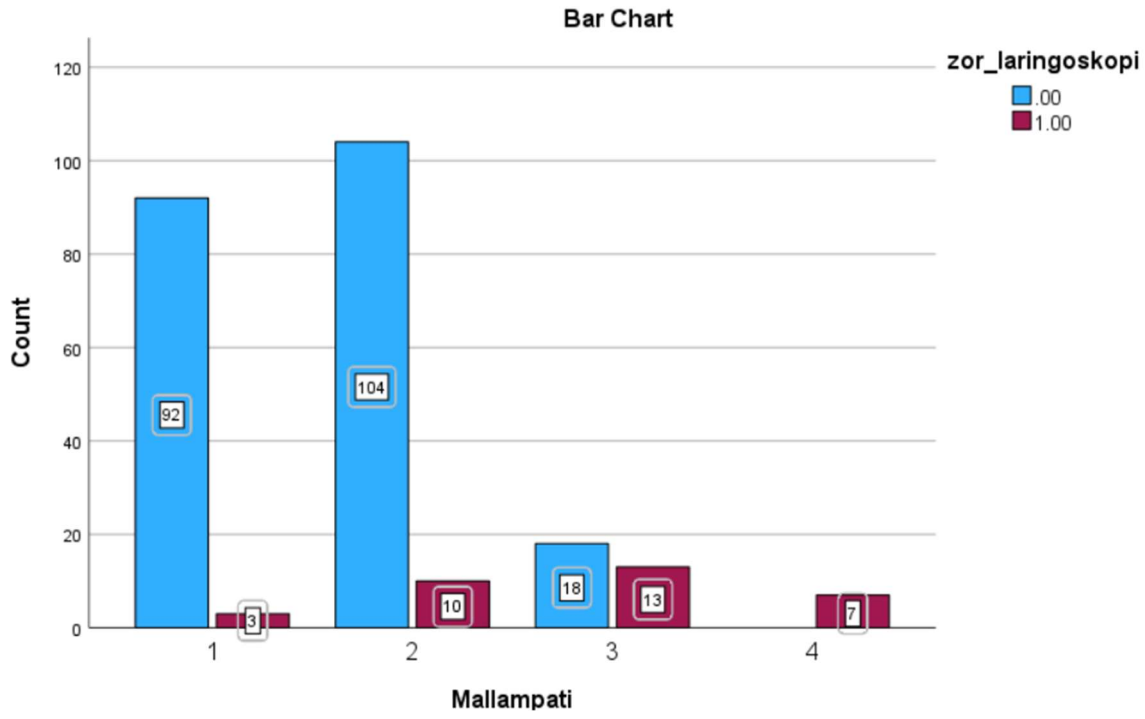
İstatistik	Değer	%95 GA
Duyarlılık	%60,61	42,14–77,09
Özgüllük	%91,59	87,03–94,94
Pozitif prediktif değeri	%52,63	39,76–65,16
Negatif prediktif değeri	%93,78	90,79–95,84
Doğruluk	%87,45	82,66–91,31

Çalışma grubumuzda değerlendirilen Mallampati skorunun zor laringoskopiyi öngörmedeki genel tanısal performansı Şekil 18'de sunulmuştur. Buna göre değerlerimiz ise Duyarlılık: %60,6 Özgüllük: %91,6 PPV: %52.6 NPV: %93.8 Doğruluk: %87,5 idi.



Şekil 18. Mallampati skorunun zor laringoskopiyi öngörmedeki performansı

Çalışmamızda hastaların Mallampati Skorları ile laringoskopi zorluk dereceleri arasındaki sayısal dağılımı da inceledik. Şekil 19'de görüleceği üzere MMS evresi arttıkça zor laringoskopi insidansının arttığını saptadık. Mallampati skoru 1 ve 2 olanlarda sırasıyla 92 ve 104 hastada kolay laringoskopi sağlarken, toplam 13 hastada zor laringoskopi ile karşılaştık. Yüksek riskli olarak değerlendirdiğimiz Mallampati skoru 3 olan 31 hastanın 18'inde laringoskopinin kolay gerçekleştiğini, 13'ünde ise zor olduğunu tespit ettik. Mallampati 4 grubundaki 7 hastanın tamamında zor laringoskopi gözlemledik.



Şekil 19. Mallampati Skoru evrelerine göre kolay ve zor laringoskopi olgularının dağılımı

Kolay ve zor laringoskopi gruplarının geleneksel ve ultrasonografik hava yolu ölçümleri Tablo 5'de, bu ölçümlerin gruplara göre dağılımı ise Şekil 20'de karşılaştırılmıştır.

Geleneksel muayene ölçümlerine bakıldığında; tiromental mesafe kolay laringoskopi grubunda 7,00 (6,60–7,40) cm, zor laringoskopi grubunda ise 6,60 (6,30–6,90) cm olarak ölçülmüştür ve zor grupta bu mesafenin daha kısa olduğu saptanmıştır (p=0,001). Ağız açıklığı da benzer şekilde kolay grupta 5,00 (4,60–5,40) cm, zor grupta ise 4,70 (4,30–5,10) cm bulunmuş olup, zor grupta daha az olduğu görülmüştür (p=0,041). Bu iki klasik bulgu, zor laringoskopinin geleneksel muayene ölçümleriyle de ilişkili olduğunu, ancak gruplar arasındaki farkın ultrasonografik ölçümlere göre daha az belirgin olduğunu gösterdi.

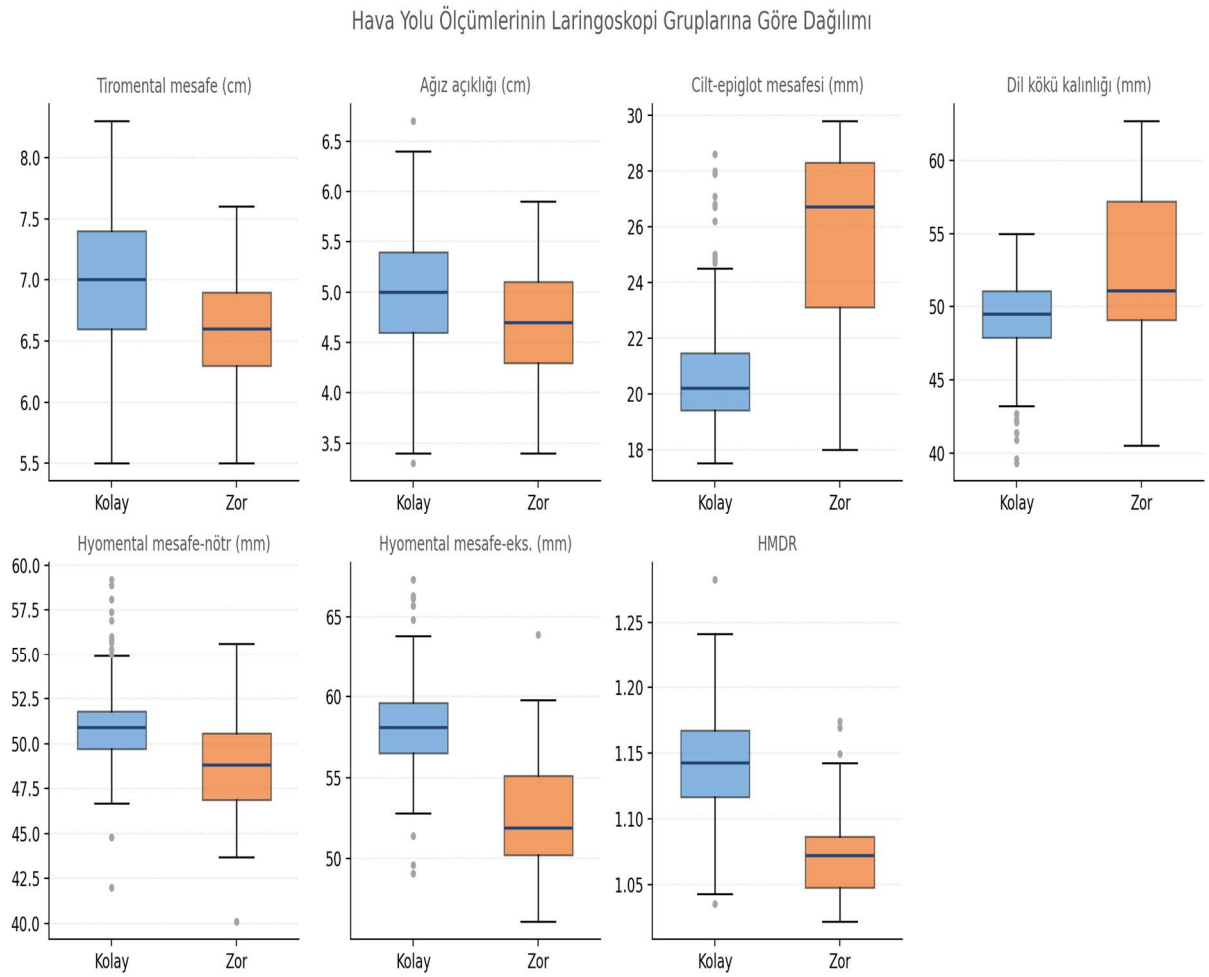
Ultrasonografik ölçümlerde gruplar arasındaki farklar daha belirgindi. Cilt-epiglot mesafesi kolay laringoskopi grubunda 20,20 (19,40–21,50) mm, zor laringoskopi grubunda ise 26,70 (23,10–28,30) mm olarak ölçüldü. Zor grupta bu mesafenin daha yüksek olduğu saptandı (p<0,001). Dil kökü kalınlığı kolay grupta 49,50 (47,90–51,10) mm, zor grupta ise 51,10 (49,10–57,20) mm bulunmuş olup, zor grupta daha yüksek olduğu görüldü (p<0,001). Buna karşılık, hiyomental mesafe-nötr kolay grupta 50,90 (49,70–51,80) mm iken zor grupta 48,80 (46,90–50,60) mm olarak ölçüldü ve zor grupta daha düşük olduğu tespit edildi (p<0,001). Hiyomental mesafe-ekstansiyon kolay grupta 58,10 (56,50–59,60) mm, zor grupta ise 51,90

(50,20–55,10) mm bulundu ve zor grupta daha düşük olduğu saptandı (p<0,001). HMDR değeri de benzer şekilde kolay grupta 1,14 (1,12–1,17), zor grupta ise 1,07 (1,05–1,09) olarak ölçüldü ve zor grupta daha düşük olduğu görüldü (p<0,001). Tüm ultrasonografik ölçümlerde gruplar arasındaki fark p<0,001 düzeyinde anlamlıydı. Gruplar arası ayrımın en belirgin olduğu ölçümler cilt-epiglot mesafesi ve hiyomental mesafe-ekstansiyon olarak görüldü.

Tablo 5. Kolay ve zor laringoskopi gruplarının hava yolu ölçümlerine göre karşılaştırması.

Ölçüm	Kolay (n=214)	Zor (n=33)	p
Tiromental mesafe (cm)	7,00 (6,60–7,40)	6,60 (6,30–6,90)	0,001
Ağız açıklığı (cm)	5,00 (4,60–5,40)	4,70 (4,30–5,10)	0,041
Cilt-epiglot mesafesi (mm)	20,20 (19,40–21,50)	26,70 (23,10–28,30)	<0,001
Dil kökü kalınlığı (mm)	49,50 (47,90–51,10)	51,10 (49,10–57,20)	<0,001
Hiyomental mesafe-nötr (mm)	50,90 (49,70–51,80)	48,80 (46,90–50,60)	<0,001
Hiyomental mesafe-ekstansiyon (mm)	58,10 (56,50–59,60)	51,90 (50,20–55,10)	<0,001
HMDR	1,14 (1,12–1,17)	1,07 (1,05–1,09)	<0,001

Değerler medyan (ÇAA) olarak verilmiştir.



Şekil 20. Hava yolu ölçümlerinin kolay ve zor laringoskopi gruplarına göre dağılımı

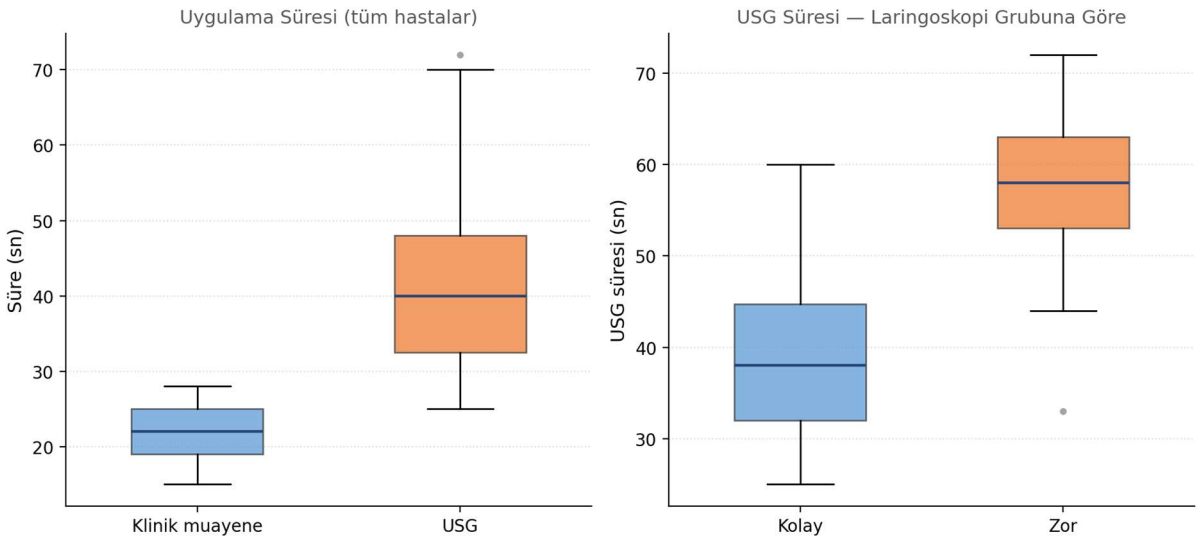
Klinik muayene ile ultrasonografik değerlendirmenin uygulama süreleri Tablo 6'da gösterildi. Tüm hastalar (n=247) değerlendirildiğinde; klinik muayene süresi 22,0 (19,0–25,0) saniye, ultrasonografik değerlendirme süresi ise 40,0 (32,5–48,0) saniye olarak ölçülmüş olup aynı hastada ultrasonografik değerlendirme süresinin klinik muayene süresine göre daha uzun sürdüğü saptanmıştır. Gruplar incelendiğinde; klinik muayene süresi kolay laringoskopi grubunda 21,0 (19,0–25,0) saniye, zor laringoskopi grubunda ise 22,0 (19,0–26,0) saniye olarak bulunmuş ve gruplar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0,493). Buna karşılık, USG değerlendirme süresi kolay laringoskopi grubunda 38,0 (32,0–44,8) saniye, zor laringoskopi grubunda ise 58,0 (53,0–63,0) saniye olarak ölçülmüş ve zor grupta bu sürenin daha uzun olduğu tespit edilmiştir (p<0,001). Tüm hastalar için iki yöntem (USG-muayene) arasındaki medyan fark ise 17,0 saniye (ÇAA 11,0–28,0) olarak kaydedilmiştir.

Tablo 6. Klinik muayene ve USG değerlendirmenin uygulama sürelerinin karşılaştırması

Süre (sn)	Tüm hastalar (n=247)	Kolay (n=214)	Zor (n=33)	p
Klinik muayene süresi	22,0 (19,0–25,0)	21,0 (19,0–25,0)	22,0 (19,0–26,0)	0,493
USG değerlendirme süresi	40,0 (32,5–48,0)	38,0 (32,0–44,8)	58,0 (53,0–63,0)	<0,001
USG–muayene farkı	17,0 (11,0–28,0)	—	—	—

Değerler medyan (ÇAA) olarak verilmiştir.

Bulgularımız; klinik muayene süresi gruplar arasında değişmezken, ultrasonografik değerlendirmedeki sürenin zor grupta uzamasının, referans noktalarının zor anatomide görüntülenme güçlüğünden kaynaklandığını göstermektedir (Şekil 21).



Şekil 21. Klinik muayene ve ultrasonografik değerlendirme sürelerinin dağılımı

Cormack-Lehane skoru, ultrasonografik ölçümlerden cilt-epiglot mesafesi (p<0,001) ve dil kökü kalınlığı (p<0,001) ile pozitif yönde ilişkili iken hiyomental mesafe-ekstansiyon (p<0,001), HMDR (p<0,001) ve hiyomental mesafe-nötr (p<0,001) ile negatif yönde ilişkili bulundu. Klinik muayene ölçümlerinden tiromental mesafe (p<0,001) ve ağız açıklığı (p=0,001) ile de negatif korelasyon saptandı. Demografik bulgulardan BMI (p<0,001), ASA skoru (p<0,001) ve yaş (p=0,002) Cormack-Lehane skoru ile zayıf pozitif korelasyon gösterdi. Cormack-Lehane ile en güçlü ilişki hiyomental mesafe-ekstansiyon ve cilt-epiglot mesafesinde izlendi. HMDR, cilt-epiglot mesafesi ile negatif (p<0,001) korelasyon gösterdi.

Zor laringoskopinin bağımsız öngörücüleri binary lojistik regresyon ile değerlendirildi (Tablo 7). Tek değişkenli analizde BMI, tiromental mesafe, ağız açıklığı, cilt-epiglot mesafesi, dil kökü kalınlığı ve HMDR anlamlı öngörücü olarak bulundu. Bu değişkenler yaş ve cinsiyete göre düzeltilen çok değişkenli modele alındı. Çok değişkenli modelde cilt-epiglot mesafesi (p<0,001), HMDR (p<0,001), tiromental mesafe (p=0,027) ve BMI (p=0,038) bağımsız öngörücü olarak kaldı. Ağız açıklığı ve dil kökü kalınlığı ise düzeltme sonrasında anlamlılığını yitirdi. Cilt-epiglot mesafesindeki her 1 mm artış zor laringoskopi olasılığını yaklaşık 1,6 kat artırırken, HMDR'deki azalış da olasılığı artıran yönde etki gösterdi. Model uyumu yeterliydi (Hosmer-Lemeshow p=0,991).

Tablo 7. Zor laringoskopinin bağımsız öngörücülerinin binary lojistik regresyon analizi

Değişken	Düzeltilmiş OR	%95 GA	p
BMI	1,279	1,014-1,613	0,038
Tiromental mesafe	0,228	0,062-0,847	0,027
Ağız açıklığı	1,591	0,579-4,371	0,368
Cilt-epiglot mesafesi	1,640	1,308-2,055	<0.001
Dil kökü kalınlığı	1,124	0,962-1,313	0,141
HMDR (her 0,01 birim)	0,697	0,585-0,831	<0.001

%95 GA: %95 güven aralığı.. Eş-doğrusallık nedeniyle hiyomental ölçümlerden modele yalnızca HMDR alınmıştır. Hosmer-Lemeshow p=0,991.

Bağımsız değişkenlerin tanısal performansı ROC analizi ile değerlendirildi. Optimum kesim değerleri Youden indeksi ile belirlendi (Tablo 8). En yüksek ayrım gücü hiyomental mesafe-ekstansiyonda saptandı (AUC %88,3 kesim <55,80 mm). Bunu HMDR (AUC %87,1 kesim <1,09) ve cilt-epiglot mesafesi (AUC %85,7 kesim >22,25 mm) izledi. Bu üç ölçüm "iyi" ayrım gücü düzeyindeydi. Hiyomental mesafe-nötr "orta" düzeydeydi (AUC %71,6). Dil kökü kalınlığı (AUC %69,0), tiromental mesafe (AUC %68,4) ve ağız açıklığı (AUC %61,0) "zayıf" düzeyde kaldı. Dil kökü kalınlığı düşük duyarlılığa (%40,0) rağmen çok yüksek özgüllüğe (%99,0) sahip bulundu.

Tablo 8. Ölçümlerin kesim değerlerine göre tanısal performansı.

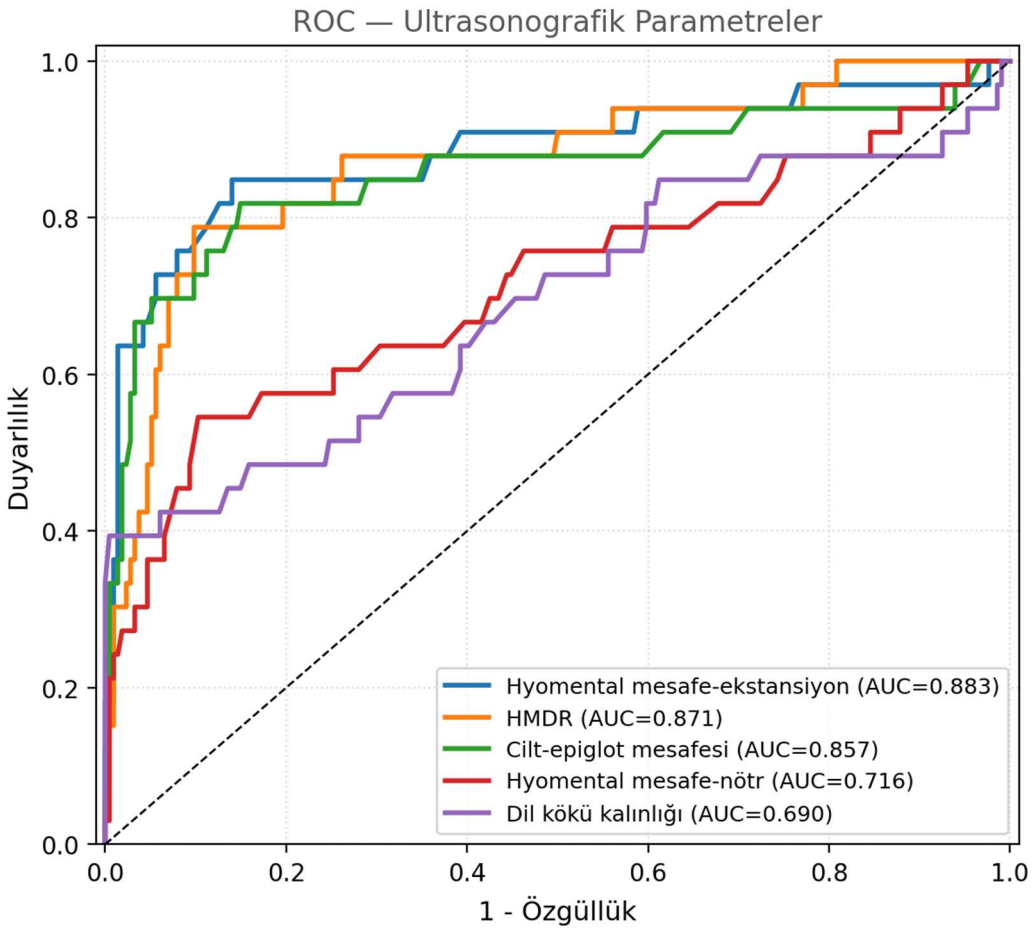
Değişken	Kesim	AUC % (%95 GA)	Duy. %	Özg. %	Youden	p	Düzey
Hiyomental mesafe-ekstansiyon	**<55,80**	88,3 (80,3–96,4)	84,8	86,0	0,71	<0,001	iyi
HMDR	**<1,09**	87,1 (79,7–94,5)	78,8	86,9	0,66	<0,001	iyi
Cilt-epiglot mesafesi	**>22,25**	85,7 (76,5–94,9)	82,0	85,0	0,67	<0,001	iyi
Hiyomental mesafe-nötr	**<48,85**	71,6 (60,4–82,8)	54,5	89,7	0,44	<0,001	orta
Dil kökü kalınlığı	**>54,70**	69,0 (57,4–80,6)	40,0	99,0	0,39	<0,001	zayıf
Tiromental mesafe	**<6,75**	68,4 (58,6–78,2)	66,7	66,4	0,33	0,001	zayıf
Ağız açıklığı	**<4,75**	61,0 (50,6–71,4)	55,0	65,4	0,20	0,041	zayıf

AUC: eğri altında kalan alan; Youden indeksi = duyarlılık + özgüllük − 1.

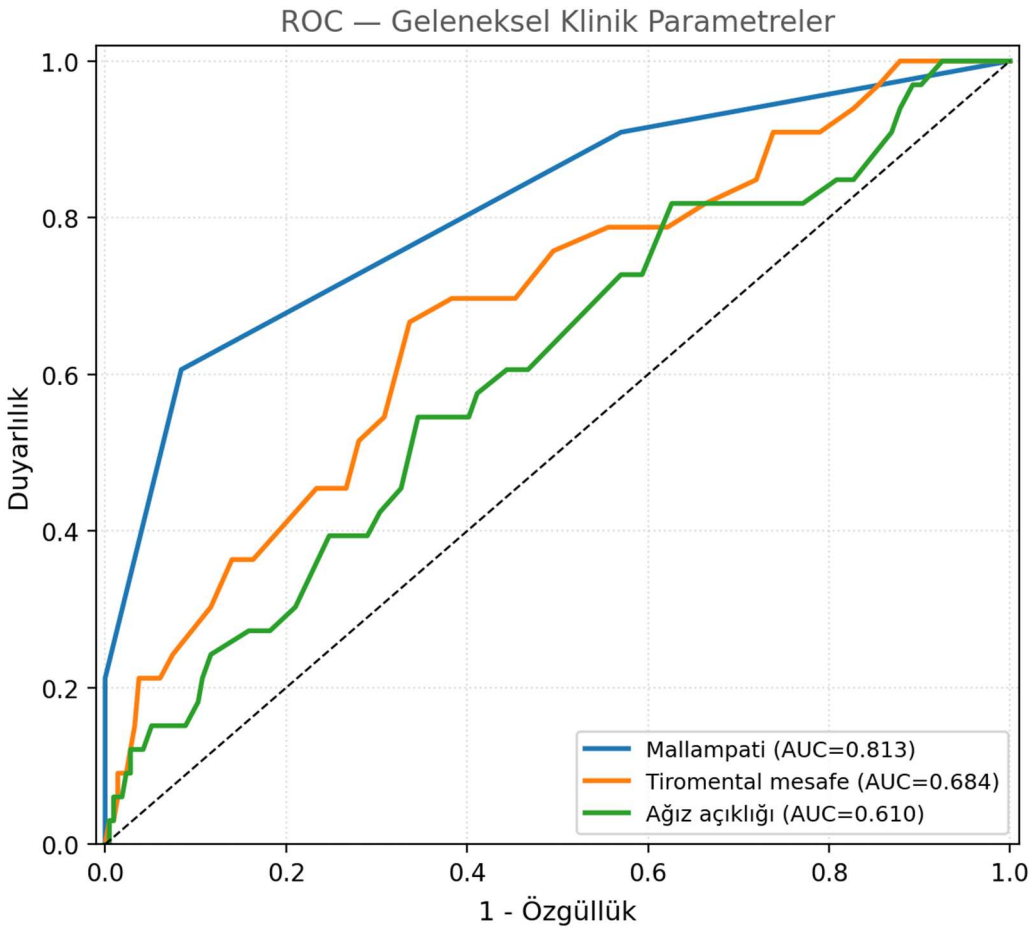
AUC düzeyi: <60 anlamsız, 0,61–0,70 zayıf, 0,71–0,80 orta, 0,81–0,90 iyi, 0,91-1,00 mükemmel.

14

ROC eğrileri okunabilirlik açısından ultrasonografik parametreler için (Şekil 22) ve geleneksel klinik parametreler için (Şekil 23) ayrı çizildi. ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrileri, tanısal bir değişkenin farklı kesim noktalarındaki performansını değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu analizde, eğrinin sol üst köşeye yaklaşması ve Eğri Altındaki Alanın (AUC) 0.5'ten anlamlı derecede büyük olması, testin ayırt ediciliğinin ve tanısal doğruluğunun arttığını göstermektedir (0.5 rastgele tahmin; 0.9–1.0 mükemmel ayırt edicilik).



Şekil 22. Ultrasonografik parametrelerin ROC eğrileri



Şekil 23. Geleneksel parametrelerin ROC eğrileri

AUC değerleri eşleştirilmiş DeLong testi ile karşılaştırıldı (Tablo 9). Hiyomental mesafe-ekstansiyon ve HMDR, hem ağız açıklığına (her ikisi p<0,001) hem tiromental mesafeye (p=0,004) göre anlamlı düzeyde üstün bulundu. Cilt-epiglot mesafesi ağız açıklığına üstündü (p<0,001). Mallampati skorunun AUC değeri (0,813) ile cilt-epiglot mesafesi (p=0,464), hiyomental mesafe-ekstansiyon (p=0,171) ve HMDR (p=0,271) arasındaki farklar anlamlı değildi. Bu sonuç ile ultrasonografik ölçümlerin geleneksel klinik testlere (ağız açıklığı ve tiromental mesafe) göre anlamlı bir ayrım gücü üstünlüğü taşıdığını gösterdi. Mallampati skoruna karşı sayısal olarak daha yüksek AUC değerlerine ulaşmakla birlikte bu üstünlüğün anlamlılığa ulaşmadığını göstermektedir.

Tablo 9. Bağımsız değişkenlerin tanısal performanslarının DeLong karşılaştırılması

Karşılaştırma	AUC farkı	p
Hiyomental mesafe-ekstansiyon – Ağız açıklığı	0,276	<0,001
Hiyomental mesafe-ekstansiyon – Tiromental mesafe	0,203	<0,001
HMDR – Ağız açıklığı	0,262	<0,001
HMDR – Tiromental mesafe	0,189	0,004
Cilt-epiglot mesafesi – Ağız açıklığı	0,251	<0,001
Mallampati – Cilt-epiglot mesafesi	−0,045	0,464
Mallampati – Hiyomental mesafe-ekstansiyon	−0,071	0,171
Mallampati – HMDR	−0,056	0,271

p değerleri eşleştirilmiş DeLong testine aittir. Negatif AUC farkı ikinci parametrenin AUC değerinin daha yüksek olduğunu gösterir. Mallampati skoru ordinal değişken (1–4) olarak değerlendirilmiş; AUC değeri 0,813 (%95 GA 0,73–0,89) bulunmuştur.

Özetle, ultrasonografik ölçümlerden HMDR, hiyomental mesafe-ekstansiyon, ve cilt-epiglot mesafesi hem tek değişkenli hem de çok değişkenli analizlerde zor laringoskopi ile en tutarlı ilişkiyi gösteren değerlerdir. Bunlardan cilt-epiglot mesafesi ve HMDR çok değişkenli modelde bağımsız öngörücü olarak kaldı. Geleneksel muayene ölçümlerinden tiromental mesafe bağımsızlığını korurken, ağız açıklığı ve dil kökü kalınlığı düzeltme sonrası anlamlılığını yitirdi. Mallampati skoru yüksek özgüllüğe karşın orta düzeyde duyarlılık gösterdi ve ultrasonografik parametrelerle arasındaki AUC farkları anlamlılığa ulaşmadı.

TARTIŞMA

Elektif cerrahi planlanan 247 erişkin hastayla yaptığımız bu prospektif, gözlemsel ve tek merkezli çalışmada, ameliyat öncesinde yapılan ultrasonografik hava yolu ölçümlerinin zor laringoskopiyi tahmin etmedeki gücünü Modifiye Mallampati skoru ile kıyasladık. Çalışmada zor laringoskopiyi Cormack-Lehane evre III-IV olarak kabul ederek referans yöntem olarak laringoskopiyi belirledik. Çalışmamızdaki zor laringoskopi oranı %13,4 (33/247) olarak saptandı. Bu oran bu konudaki en geniş kapsamlı kanıt sentezi sayılan Soni ve arkadaşlarının 2025 tarihli meta-analizinde (60 çalışma, 10.580 hasta) bildirilen %15'lik havuzlanmış prevalans değeriyle büyük ölçüde örtüşmektedir (71).

Çalışmamız sonucunda submandibular alanı, anterior boyun bölgesi ve baş-boyun ekstansiyon kapasitesini yansıtan USG ölçümleri olan ekstansiyondaki hiyomental mesafe (HME), hiyomental mesafe oranı (HMDR) ve cilt-epiglot mesafesi (CEM) zor laringoskopi ile en tutarlı ilişkiyi sağlamaktadır. CEM ve HMDR bağımsız birer öngörücü olarak öne çıkmaktadır. Bu parametrelere tiromental mesafe eşlik etmektedir. Ağız açıklığı (AA) ve dil kökü kalınlığı (DKK) çok değişkenli modelde anlamlı çıkmamaktadır. ASA sınıfı da bağımsız bir katkı sağlamadığı için modele alınmadı. HMDR, hiyomental mesafenin ekstansiyon ve nötr pozisyonlardaki oranından oluştuğu için, bu iki ölçümü ayrı ayrı değerlendirmekten ziyade HMDR'yi modele dahil ettik.

Çalışmamızdaki Mallampati skoru verilerimiz mevcut literatür verilerini destekler niteliktedir. Roth ve arkadaşlarının 2018 tarihli sistematik derlemesinde Mallampati testinin zor entübasyon için havuzlanmış duyarlılığı 0,51, özgüllüğü ise 0,87 civarında bildirilmiş olup tüm yatak başı fizik muayene testlerinin duyarlılığının genelde düşük ve değişken olduğu vurgulanmaktadır (8). 177.088 hastayı içeren Lundstrøm meta-analizinde MMS'nin tek başına prognostik değerinin zayıf kaldığı vurgulanmıştır (7). Bizim bulduğumuz %60,61 duyarlılık ve %91,59 özgüllük değerleri bu öngörülerle örtüşmektedir. Mallampati, yüksek özgüllüğü ile zor laringoskopiyi tahmin etmede başarılı olsa da zor laringoskopinin dışlanmasında zayıf kalmaktadır. Çalışmamızda MMS'nin toplam doğruluğunu %87,45 gibi yüksek bir oran bulmuştuk ama bu yanıltıcı olmamalıdır, çünkü bu durum büyük oranda örneklemimizdeki zor laringoskopi prevalansının düşüklüğü ve testin yüksek özgüllüğünün bir sonucudur.

Mallampati ile Cormack-Lehane dereceleri arasındaki istatistiksel ilişki de bu klinik tabloyu doğrulamaktadır. Ki-kare analizi anlamlı sonuç vermekle birlikte iki yöntem arasındaki uyum düzeyi orta derecededir. Çalışmamızda Mallampati'nin ROC eğrisi altında kalan alanını (AUC) 0,813 olarak hesaplamaktayız ki bu değer "iyi" bir ayrım gücü anlamına geliyor. Standart

koşullarda ve deneyimli bir klinisyen tarafından uygulandığında Mallampati'nin aslında literatürde genelde eleştirilen performansından daha verimli çalışabileceğini kendi verilerimizde de gözlemlemekteyiz. Çok merkezli geniş çalışmalarda farklı deneyim aşamasındaki, çok sayıda uygulayıcının oluşturduğu değişkenlik testin başarısını olumsuz etkilerken, tek merkezli ve standart protokole bağlı çalışmalarda testin gerçek potansiyeli daha net ortaya çıkmaktadır.

Shiga ve arkadaşlarının 50.760 hastayı kapsayan meta-analizinde tek bir yatak başı testin tek başına yeterli olmadığı vurgulanmış olup en iyi klinik kombinasyonun Mallampati ile tiromental mesafenin birlikte kullanımı olduğu belirtilmiştir (67). Detsky ve arkadaşlarının JAMA'da yayımlanan derlemesinde de hiçbir fiziksel muayene bulgusunun zor entübasyonu dışlayamayacağı ifade edilmiştir (62). Kendi sonuçlarımız da Mallampati'nin objektif anatomik ölçümler olan ultrasonografik parametrelerle desteklenmesi gerektiği yönündeki görüşü doğrulamaktadır. Soni ve arkadaşlarının 1000 hastalık varsayımsal bir kohort üzerinden sunduğu simülasyon da bu durumu desteklemektedir, Mallampati yüksek duyarlılık nedeniyle çok sayıda yanlış pozitif sonuç verirken, ultrason parametreleri daha dengeli bir sonuç sunmuştur (71). Bu iki yaklaşımı birbirinin alternatifi olarak görmek yerine, birbirini tamamlayan araçlar olarak değerlendirmek en mantıklı yoldur.

Demografik veriler incelendiğinde, cinsiyetin kolay ve zor laringoskopi grupları arasında istatistiksel bir fark yaratmadığı görülmektedir (p=0,775). Lojistik regresyon analizinde de cinsiyet, bağımsız bir öngörücü olmaktan ziyade yalnızca bir düzeltme değişkeni olarak kalmaktadır. Bu durum, bizim çalışmamızda laringoskopik bakış güçlüğünü belirleyen temel unsurun cinsiyete bağlı yapısal farklılıklar değil, doğrudan ölçtüğümüz yumuşak doku kalınlığı ve boyun ekstansiyon kapasitesi olduğunu düşündürmektedir. Çalışmamızda yaş ile zor laringoskopi arasında pozitif yönlü zayıf bir bağ saptandı (Spearman ρ=0,194), zor grupta yaş medyanı 54 iken kolay grupta 46 idi (p=0,029). Bu fark, yaşın ilerlemesiyle birlikte boyun eklem hareketliliğinin azalması ve üst hava yolu dokularındaki dejeneratif değişiklikler ile açıklayabiliriz. ASA sınıfı tek değişkenli analizlerde ilişkili görünse de (ρ=0,280; p=0,005), muhtemelen VKİ ve yaşın dolaylı bir etkisidir. Çok değişkenli modelde bağımsız bir etki göstermediği için ASA'yı denkleme dahil etmedik. VKİ hem tek değişkenli analizde hem de düzeltilmiş regresyon modelinde anlamlı çıkmaktadır. Bu sonuçlar, yüksek VKİ'nin zor laringoskopi üzerindeki etkisinin sadece boyun bölgesindeki doku kalınlığına bağlanamayacağını, genel vücut ağırlığının başlı başına bağımsız bir risk faktörü olduğunu göstermektedir.

Geleneksel muayene yöntemleriyle kıyaslandığında, çalışmamızda ultrasonografik parametrelerin gruplar arasındaki farkı ayırt etme gücü belirgin biçimde daha yüksektir. Tek değişkenli analizlerde CEM, DKK, HME, nötr pozisyondaki hiyomental mesafe (HMN) ve HMDR değerleri zor laringoskopi grubunda anlamlı düzeyde farklılık gösterdi. Cormack-Lehane evreleri ile korelasyon gücü incelendiğinde en güçlü pozitif ilişkiyi CEM, en güçlü negatif ilişkileri ise HME ve HMDR sergilemektedir. Klasik testlerden ağız açıklığı ise beklentilerin aksine zayıf bir korelasyon verdi. Ölçümler arasındaki en yüksek doğrusal ilişki ise HMN ile HME arasındaydı. Bu iki parametre büyük oranda aynı istatistiksel bilgiyi verdiği için regresyon modelinde her iki değeri ayrı ayrı kullanmak yerine boyutsuz ve kombine bir parametre olan HMDR'yi seçtik. Sonuç olarak bu tablo, ultrasonografinin doğrudan anatomiye dayanan güvenilir bir yöntem olduğunu göstermektedir. Ayrıca ultrason ölçümlerinin tomografi sonuçlarıyla uyumlu, objektif ve tekrarlanabilir olması onu Mallampati gibi subjektif testlere kıyasla çok daha üstün kılmaktadır (68, 69).

Çalışmamızda zor laringoskopiyi tahmin etmede cilt-epiglot mesafesi için belirlediğimiz en uygun kesim (cut-off) değeri 22,25 mm oldu. Bu eşik değer %82,0 duyarlılık ve %85,0 özgüllük ile başarılı bir ayrım gücü sağladı. Literatür incelendiğinde bu parametre için önerilen eşik değerlerin geniş bir aralığa yayıldığı dikkat çekmektedir. Örneğin Adhikari ve arkadaşları 27,5 mm (83), Senapathi ve arkadaşları 26,05 mm (77), Pinto ve arkadaşları 27,5 mm (12), Moura ve arkadaşları ise 29,3 mm (79) gibi yüksek değerler bildirirken, Kunwar ve arkadaşları yaklaşık 18,75 mm (78), Chhabra ve arkadaşları ise anterior boyun yüzeyi-epiglot mesafesi için 16,7 mm (81) gibi daha düşük sınır değerler işaret etmişlerdir.

Bu değişkenliğin temel nedenleri arasında popülasyonların antropometrik yapıları, etnik köken farklılıkları, VKİ dağılımları ve ultrason probunun yerleştirilme açısındaki yöntemsel farklılıklar yer almaktadır. Senapathi'nin 26,05 mm'lik eşik değerinde %69,4 duyarlılık ve %93,5 özgüllük, Moura'nın 29,3 mm'lik yüksek eşiğinde ise yalnızca %66,7 duyarlılık ve %66 özgüllük elde edilmiş olması, kesim noktası yükseldikçe testin yakalama gücünün (duyarlılığın) zayıfladığını göstermektedir. Bizim çalışmamızda eşik değerin görece düşük çıkması, muhtemelen çalışmamızdaki hastaların VKİ yapısıyla ilişkilidir. Araştırmamızı VKİ ≤ 35 kg/m² olan hastalarla sınırladığımız için, hastalarımızın ön boyun yumuşak doku kalınlığı daha inceydi. Dolayısıyla daha düşük bir CEM eşik değeriyle karşılaşmamız beklenen bir durumdur. Ayrıca VKİ'nin Cormack-Lehane derecesiyle pozitif korelasyon göstermesi, vücut yapısının ön boyun dokuları üzerinden laringoskopik görüşü zorlaştırdığı görüşünü desteklemektedir. Tüm bu verilere bakılarak cilt-epiglot mesafesi gibi anatomik ölçümlerde tek ve evrensel bir sınır değer belirlemeye çalışmanın doğru olmadığını, her popülasyonun kendi kesim değerini

doğrulaması gerektiğini göstermektedir. Klinik pratikte de her merkezin kendi hasta profilini esas alarak bir kalibrasyon yapması, başka bir coğrafyanın hazır değerlerini kullanmaktan daha güvenli bir yaklaşımdır.

CEM ölçümünün Cormack-Lehane ile en güçlü pozitif korelasyonu veren parametre olması bu ölçümün dil kökünün laringoskopi esnasında öne doğru kaldırılmasına karşı gösterdiği mekanik direnci, yani ön boyun yumuşak doku kütlesini yansıttığını doğruluyor. Cilt-epiglot mesafesinin en güvenilir ultrasonografik belirteçlerden biri olduğu meta-analizlerde de kabul görmektedir. Carsetti ve arkadaşları 2022 yılında bu parametre için duyarlılığı 0,82, AUC değerini ise 0,87 olarak bulmuştur (16). Benzer şekilde Sotoodehnia ve arkadaşlarının meta-analizinde de CEM en yüksek kanıt düzeyine sahip indeksler arasında sayılmıştır (15). Soni'nin 2025 yılına ait güncel meta-analizi, bu ölçümün güvenilirliğinin yüksek olduğunu (AUROC> 0,80) göstermiş olup mesafenin ~2,7 cm civarında olmasının zor laringoskopiye, ~2,4 cm'ye kadar düşmesinin ise doğrudan zor entübasyona işaret eden önemli cut-off değerler olduğunu vurgulamıştır (71). Bizim elde ettiğimiz 0,857'lik AUC değeri bu havuzlanmış tahminlerin hafif üzerinde olsa da aynı başarı oranında kalmaktadır. CEM ile dil kökü kalınlığı (DKK) arasındaki doğrusal paralellik de temelde aynı anatomik kaynağa, yani submandibular ve ön boyun doku hacmine dayanıyor. Bu iki ölçümün yüksek oranda ortak istatistiksel bilgiyi vermesi, çok değişkenli analizde DKK'nın bağımsız etkisini gölgeleyen temel sebeptir.

Çalışmamızda tek başına ve en yüksek ayrım gücüne sahip parametre, ekstansiyon pozisyonunda ölçülen hiyomental mesafe oldu, arkasından HMDR izledi. Her iki değer de belirlediğimiz ölçeğe göre “iyi” sınıfta yer alıyor. Ancak nötr pozisyondaki hiyomental mesafe daha zayıf bir performans sergiledi. Sabit ve nötr bir ölçümün, baş ekstansiyondayken yapılan dinamik ölçüme göre geride kalması beklenebilecek bir sonuçtur. Çünkü hiyomental mesafenin nötrden ekstansiyona geçerken gösterdiği uzama yeteneği, atlantooksipital eklem hareketliliğinin ve hava yolu akslarının birbiriyle hizalanabilme potansiyelinin dolaylı bir göstergesidir. Dolayısıyla HME ve ondan türetilen HMDR'nin yüksek başarı göstermesi, statik bir mesafeden ziyade fonksiyonel bir rezervi, yani boynun ne kadar esneyebildiğini ölçüyor olmamızla açıklanabilir. HMDR'nin asıl avantajı, boyutsuz bir oran olması sebebiyle bireysel vücut ölçülerinden etkilenmemesi ve HME ile HMN arasındaki güçlü ilişkiyi tek bir özet parametrede toplayabilmesidir. Bu sayede HMDR, çok değişkenli modelde bağımsız bir öngörücü olarak kalmayı başardı.

Literatürde, özellikle bazı uluslararası prospektif klinik çalışmalarda HMDR için <1,2 gibi daha yüksek eşik değerlerin zor laringoskopiyle ilişkilendirildiğini görmekteyiz (29). Bizim

çalışmamızdaki 1,09 sınırının daha düşük kalması, yine popülasyonun antropometrisi ve morbid obez hastaları çalışma dışı tutmamızla ilgili olabilmektedir. HMDR'nin temeli, Takenaka ve arkadaşlarının oksipitoatlantoaksiyel kompleksin ekstansiyon kapasitesini ölçmek amacıyla tanımladığı orana dayanmaktadır (25). Huh ve ekibi de bu oranı zor laringoskopinin tanısal bir belirteci olarak doğrulamıştır (29). Ancak bazı çalışmalarda aynı başarı sağlanamayabiliyor. Örneğin Türk hasta grubuyla çalışan Alp ve arkadaşları, zor entübasyon tahmininde HMDR'nin anlamlı bir ayrım gücü sağlamadığını rapor etmiş (p=0,898) ve kendi serilerinde farklı parametreleri öne çıkarmışlardır (84). Benzer şekilde Selvi ve arkadaşları da Türk popülasyonunda hiyomental bölge yerine tiromental yüksekliğin daha değerli olduğunu savunmuşlardır (9). Demek ki hiyomental temelli ölçümlerin klinik gücü, çalışılan popülasyonla beraber ölçüm metodolojisine göre de değişebilmektedir. Bu yüzden bizim elde ettiğimiz sonuçları genel kural gibi sunmak doğru olmaz.

Soni ve arkadaşlarının yüksek kanıt düzeyine sahip güncel meta-analizinde (3 çalışma, 345 hasta), HMDR için AUROC değeri 0,80 olarak raporlanmıştır (71). Araştırmamızda ulaştığımız 0,871'lik AUC değerinin bu genel ortalamanın üzerinde olması muhtemelen çalışma dizaynımızla ilgilidir. Ölçümlerin tek bir uygulayıcı elinden çıkması ve çalışmamızdaki VKİ kısıtlamaları, testin öngörü başarısını pozitif yönde etkilemiştir. Bizim için asıl değerli olan, çalışmamızdaki zor laringoskopi sıklığının (%13,4) havuzlanmış prevalansla (%15) tutarlı olması ve tanısal gücünün de genel tahminlerle aynı doğrultuda olmasıdır. Bu durum tek merkezli verilerimizin diğer çalışmalarla geçerliliği açısından olumlu bir işarettir.

Dil kökü kalınlığı ile zor laringoskopi arasında pozitif bir ilişki saptasak da, bu parametrenin tek başına zayıf bir gücü vardır. Testin tanısal profilinde %99,0 gibi çok yüksek bir özgüllük değerine karşılık duyarlılığı yalnızca %40,0'ta kalmaktadır. Özetle kalın bir dil kökü saptadığımızda bu zor laringoskopiyi güçlü biçimde doğrular ancak dil kökü kalınlığının normal sınırlarda ölçülmesi zor laringoskopiyi güvenle dışlamaz. Benzer bir yüksek özgüllük-düşük duyarlılık örüntüsünü ağız açıklığı ölçümünde de gözlemledik (kesim değeri <4,75 cm iken özgüllük %65,4 ve duyarlılık %55,0 bulduk). Her iki parametrenin de çok değişkenli lojistik regresyon modelinde bağımsız güçlerini kaybetmelerinin temel sebebi bu tanısal yapıları olabilir.

Dil boyutu ile zor hava yolu arasındaki ilişkiye yönelik Yao ve Wang'ın 2254 hastalık geniş serisinde dil kökü kalınlığının 6,1 cm'yi aşması zor entübasyon için bağımsız bir risk faktörü olarak bulunmuş, dil kökü kalınlığının tiromental mesafeye oranı (>0,87) ise daha da yüksek bir başarı sergilemiştir (72). Soni'nin meta-analizinde de dil kökü kalınlığının zor

laringoskopiyle bağı doğrulanmış ve kesim değerlerinin genellikle 5,9-6,1 cm bandında olduğu gösterilmiştir. Öte yandan dil hacmi en zayıf belirteçlerden biri olarak kalmıştır (71). Bizim çalışmamızda dil kökü kalınlığının sadece yüksek özgüllükte bir belirteç gibi davranması ölçüm tekniğimizle de ilgili olabilir. Biz submental konveks prob ile dilin en kalın kesitini statik olarak ölçtük, oysa bazı araştırmacılar bu değeri tiromental mesafeye oranlayarak kişiye özel normalize etmeyi önermektedir (72).

Anterior boyun yumuşak doku (ANST) ölçümlerine dair literatürdeki eski çelişkilerin varlığı bizim sonuçlarımızı anlamlandırma açısından önem taşımaktadır. Komatsu ve arkadaşları obez olgularda anterior yumuşak doku kalınlığının zor laringoskopiyi tahmin etmede başarısız olduğunu savunurken (82), Ezri ve arkadaşları aksine bu yaklaşımın obez grupta iyi çalıştığını göstermiştir (50). Wojtczak ise submandibular sonografi ile hiyomental mesafenin ve dil boyutlarının güvenle ölçülebileceğini ortaya koymuştur (30). Çelişkili duran bu sonuçların asıl nedeni yöntem farklılıklarıdır; ölçümün yapıldığı anatomik seviye (hiyoid kemik, vokal kordlar veya tiroid istmusu), hastaların VKİ dağılımı ve probun dokuya yaptığı baskının standardize edilmemesi sonuçları doğrudan etkilemektedir. VKİ $\leq$ 35 kg/m² ile sınırladığımız hasta grubumuzda dil kökü ve yumuşak doku ölçümlerinin yüksek özgüllükte belirteçler olarak öne çıkması, bu parametrelerin ayırt edici gücünün artan yağ dokusu miktarıyla birlikte yükseldiği fikrini desteklemektedir. Bu çelişkili sonuçların, muhtemelen morbid obez hastalarda bu ölçümlerin çok daha güçlü bir ayrışma sunması beklenebilir.

Literatürde yer bulan ancak bizim çalışmamıza almadığımız farklı sonografik parametreler de mevcuttur. Bunlara kısaca değinmek kendi verilerimizin konumunu netleştirmek açısından önemlidir. Soni'nin meta-analiz verilerine göre zor laringoskopiyi öngörmede en yüksek başarıyı cilt-vokal kord mesafesi verirken, zor entübasyonda cilt-hiyoid mesafesi de yüksek bir sonuç vermektedir (71). Bir diğer parametre olan pre-epiglottik alan ile epiglot-vokal kord mesafesi oranı (pre-E/E-VC) ise Chan ve arkadaşları tarafından zor entübasyonla ilişkilendirilmiştir (33). Soni'nin meta-analizinde bu oranın havuzlanmış başarısı 0,69 gibi görece düşük bir seviyede kalmıştır (71). Biz bu araştırmada, klinik uygulanabilirliği yüksek olan ve literatürde en kararlı sonuçları veren üç ana parametreye (CEM, HME, HMDR) yoğunlaşmayı seçtik. Ancak gelecekteki kombine skorlama modellerine cilt-vokal kord veya cilt-hiyoid mesafesi gibi belirteçlerin eklenmesi tahmin gücünü arttırabilir.

ROC eğrilerinin karşılaştırmalı analizinde (DeLong testi), Mallampati testinin tanısal öngörü ile üç ana ultrasonografik parametrenin (CEM, HME ve HMDR) performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. Ancak bu ultrason parametrelerinden CEM,

HME ve HMDR diğer geleneksel klinik testlerden ağız açıklığına ve tiromental mesafeye karşı daha başarılıydı. Tiromental mesafenin ve ağız açıklığının tek başlarına zayıf birer ayrım gücü göstermesi bu tablonun anatomik zeminini açıklamaktadır. Her iki geleneksel test de hava yolunun asıl zorluk nedeni olan yumuşak doku hakkında doğrudan bilgi vermemektedir.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular ile standart koşullarda ve deneyimli bir uygulayıcı tarafından değerlendirildiğinde Mallampati skorunun öngörü başarısının ultrasonografik ölçümlerin gerisinde kalmadığını göstermektedir. Bu durum, geleneksel Mallampati skorunun klinikte terk edilmesi gereken bir yöntem değil, ultrasonografi ile desteklenmesi gereken bir muayene bulgusu olduğunu göstermektedir. Ayrıca ultrasonografik parametreler sayısal olarak Mallampati'den daha yüksek AUC değerleri gösterse de bizim çalışmamızda ulaştığımız %13,4'lük zor laringoskopi prevalansı, aradaki bu küçük farkı istatistiksel anlamlılık düzeyine taşımaya yetmemiştir. Sadece 33 zor laringoskopi olgusu üzerinden iki eğri arasındaki farkları yakalamak istatistiksel olarak daha zordur. Daha geniş ve çok merkezli çalışmalarda bu farkın anlamlı hale gelmesi beklenen bir sonuç olacaktır. Klinik açıdan en faydalı yaklaşımlardan biri de arada veya şüpheli Mallampati skoru olan hastalarda HMDR ve CEM ölçümleri ile tanısal doğruluğu arttırmaktır.

Kendi çalışmamızdan edindiğimiz verilerimiz, tek tek parametrelerin gücünü ortaya koysa da klinik pratik çok yönlü bir değerlendirmeyi gerektirmektedir. Çok değişkenli lojistik regresyon modelimizde CEM, HMDR, tiromental mesafe ve VKİ'nin birlikte kullanılması, zor laringoskopi riskinin büyük bir kısmını açıklamada yeterli olmaktadır. Bu durum parametreleri kombine etmenin, tek bir test kullanmaya kıyasla kliniğe daha fazla bilgi sunduğunu göstermektedir. Shiga ve arkadaşları en verimli klinik yaklaşımın MMS ile tiromental mesafenin birleşimi olduğunu savunmuştur (67). Detsky ve arkadaşları da tüm bulguların bir bütün olarak ele alınması gerektiğini vurgulamışlardır (62).

Günümüzde USG parametrelerinin kendi içinde birleştirildiği modeller de giderek öne çıkmaktadır. Xu ve arkadaşları hiyomental mesafe, dil kökü kalınlığı, mandibular kondil mobilitesi, ağız açıklığı ve tiromental mesafeyi içeren çoklu bir USG modelinin, tekli testlere kıyasla daha üstün bir öngörüde bulunduğunu göstermiştir (21). Honarmand ve arkadaşları da aynı şekilde çoklu parametrelerin tek başına kullanımdan daha üstün olduğunu belirtmişlerdir (73). Ayrıca Wang ve arkadaşlarının 686.089 hastalık meta-analizi (17) ile Gomes ve arkadaşlarının PRISMA tabanlı derlemesi (18), USG destekli yaklaşımların geleneksel muayenelere üstünlüğünü göstermiştir. Bu doğrultuda gelecekte, MMS gibi hızlı bir klinik testi HMDR ve CEM gibi az sayıda ama güçlü USG parametresiyle kombine kullanan pratik bir

skorlama sistemi geliştirilmesi hem duyarlılığı hem de özgüllüğü dengeleyerek klinisyenin elindeki en kullanışlı araç haline gelebilir. Bizim çalışmamızda öne çıkan bağımsız öngörücüler olan CEM, HMDR, TM ve VKİ böyle bir skorlama sisteminin güçlü adayları olacaktır.

Benzer biçimde Lin ve arkadaşları, CEM, HMD/HMDR ve dil kökü kalınlığını iki ultrasonografik pencerede değerlendiren DARES protokolünü tanımlamıştır (75). Çalışmamızda bağımsız öngörücü olarak öne çıkan cilt-epiglot mesafesi ve HMDR'nin bu protokolün çekirdeğini oluşturması verilerimizin böyle standardize bir yaklaşımın klinik geçerliliğini desteklediğini göstermektedir.

Ultrasonografik değerlendirmenin günlük klinik işleyişe dahil edilmesindeki en somut kısıtlama nedeni uygulama süresidir. Çalışmamızda geleneksel klinik muayenenin medyan süresi 22,0 saniye iken ultrasonografik değerlendirme medyanı 40,0 saniye olarak bulundu. Aradaki medyan 17,0 saniyelik zaman farkını istatistiksel olarak anlamlı tespit ettik. Burada asıl önemli olan nokta, ultrasonografi uygulama süresinin zor laringoskopi grubunda kolay gruba kıyasla belirgin biçimde daha uzun olmasıdır (58,0 saniyeye karşı 38,0 saniye). Buna karşın geleneksel muayene süresi her iki grupta da benzer seyretmektedir.

Bu durum, anatomik yapıyı tespit etmenin güç olduğu hastalarda epiglot ve hiyoid kemik pencerelerini yakalamanın daha fazla uğraş gerektirdiğini göstermektedir. Hatta klinik olarak bu ultrasonografik tarama süresinin uzamasını, dolaylı bir zor hava yolu uyarısı olarak değerlendirmek de mümkündür. Yine bu tablodan çıkarılabilecek dolaylı bir sonuç şudur; rutin havayolu değerlendirmesinde ultrason probu ile net bir görüntü elde etmek için harcanan sürenin uzaması, yalnızca teknik bir gecikme olarak düşünülmemelidir, bu durum aynı zamanda hastanın karmaşık bir boyun anatomisine sahip olduğunun ve olası bir zor laringoskopinin erken habercisi olarak değerlendirilebilir.

Yine de medyan 17 saniyelik bu ek süre, preoperatif değerlendirmenin rutin temposu içinde tolere edilebilir bir süre maliyetidir. Ameliyathanelerde hasta başı ultrasonografi (POCUS) cihazlarının kullanımının giderek yaygınlaşması düşünüldüğünde, bu küçük zaman maliyeti, öngörülemeyen bir zor hava yolunun neden olacağı majör morbidite ve mortalite riskleriyle kıyaslandığında rutin kullanımın maliyet-etkinlik dengesini olumlu yönde etkileyecektir. Ancak zor laringoskopi olgularında tarama süresinin uzaması, ultrasonun asıl katkısının zaman kazandırmak değil, klinik şüphenin yüksek olduğu hastalarda objektif bir zemin sağlamak olduğunu gösteriyor. Bu dengenin daha net anlaşılabilmesi için gelecekte maliyet-etkililik analizlerini de içeren ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızın ana sonuç noktası Cormack-Lehane sınıflamasına göre tanımlanan zor laringoskopidir. Klinisyeni asıl ilgilendiren durum doğrudan zor entübasyon veya zor maske ventilasyonudur. Cormack-Lehane derecesi glottik görünümün bir ölçütü olup, her zaman entübasyon güçlüğüyle birebir örtüşmeyebilir. CL evresi III-IV olan bazı hastalar buji veya stile yardımıyla ilk hamlede kolayca entübe edilebilirken, CL evresi I-II olan bazı hastalarda beklenmedik mekanik güçlüklerle karşılaşılabilmektedir. Tüm bunlara rağmen zor laringoskopi, literatürde öngörülemeyen zor hava yolunun en sık başvurulan ve en iyi standardize edilmiş sonlanım noktasıdır. Bu nedenle tanısal doğruluk çalışmalarında referans yöntem olarak yaygın biçimde kullanılır. Bu tercih bizim verilerimizi literatürle karşılaştırılabilme açısından bir avantaj sağlasa da, bulgularımızın doğrudan zor entübasyon veya maske ventilasyonuna genellenmesi aşamasında dikkatli olunmalıdır.

Son yıllarda videolaringoskopinin (VL) birinci basamak hava yolu yönetiminde giderek daha fazla yer alması, zor laringoskopi öngörüsünün klinik önemini azaltmamış, aksine olası risklere karşı önceden hazırlıklı olmak ve hasta güvenliğini en üst düzeye çıkarma adına bu öngörünün kritik rolünü bir kez daha pekiştirmiştir. McNarry ve arkadaşları VL ve supraglottik araçların yaygınlaşması ile insan faktörlerine yönelik farkındalığın artması sayesinde hava yolu yönetiminin son yıllarda köklü bir değişim geçirdiğini vurgulamışlardır (6). Bizim çalışmamızda da zor havayolu olguları ile karşılaşıldığında videolaringoskop, stile ve buji kombinasyonlarından yararlanıldı. Ancak VL'nin yaygınlaşması, ameliyat öncesi hava yolu tahmininin değerini azaltmaz. Aksine, hangi hastada en baştan VL, uyanık fiberoptik entübasyon ya da özel ekipman ve deneyimli ekip hazırlığı gerekeceğini önceden bilmek değerli bir avantaj olacaktır ve NAP4 raporunun da işaret ettiği 'hazırlıksız yakalanma' senaryolarının önüne geçmenin anahtarıdır (1). Bu açıdan HMDR ve CEM gibi objektif parametreler, videolaringoskopinin yaygınlaştığı modern anestezi pratiğinde bile doğru hastayı doğru cihaz ve plana yönlendirmek için değerini korumaktadır.

Royal College of Anaesthetists'in 4. Ulusal Denetim Projesi (NAP4: Fourth National Audit Project: Ulusal Denetim Projesi) raporu, hava yolu komplikasyonlarına bağlı morbidite ve mortalitenin büyük bir kısmının yetersiz preoperatif değerlendirmelerden kaynaklandığını ortaya koymuştur (1). Kendi bulgularımız, mevcut klinik muayeneye eklenecek kısa bir ultrason değerlendirmesinin, özellikle Mallampati skoru sınırda ve şüpheli kalan gri alan hastalarında HMDR ve CEM ölçümleriyle tanısal kesinliğe katkı sunacağını gösteriyor. Difficult Airway Society'nin (DAS) 2025 kılavuzu hasta başı ultrasonografiyi hava yolu ve gastrik değerlendirmenin bir parçası olarak kabul etmektedir. Özellikle krikotiroid membranın yerinin belirlenmesinde görsel muayene veya palpasyona ek olarak USG'yi önermektedir (44).

Ancak zor laringoskopi tahmini için rutin antropometrik ölçümleri henüz standart bir öneri seviyesine taşımamıştır. Amerikan Anesteziyologlar Derneği'nin (ASA) 2022 zor hava yolu kılavuzu da benzer bir temkinli yaklaşımı sürdürmektedir (26).

Objektif ölçüm yöntemlerine duyulan ihtiyacın önemli gerekçelerinden biri de anestezi uzmanlarının klinik ve sezgisel öngörülerinin sınırlarıdır. Nørskov ve arkadaşlarının 188.064 hastayı kapsayan Danimarka Anestezi çalışmasında, klinisyenlerin günlük pratikteki zor entübasyonların büyük bir kısmını önceden tahmin edemediği gösterilmiştir (61). Burada klinik kararların karşılıklı maliyetini de akılda tutmak gerekir; gerçek bir zor hava yolunu gözden kaçırmanın klinik bedeli, kolay bir hava yolu için gereksiz hazırlık yapmanın getireceği küçük zahmetten çok daha ağır olacaktır. Mallampati testinin yüksek negatif öngörü değerine rağmen, zor hava yolunu kesin olarak ekarte etme gücünün zayıf olması, klinikte bahsedilen bu tehlikeli güvenlik yanılsamasını yaratmaktadır.

Dolayısıyla HMDR ve CEM gibi daha dengeli bir profile sahip objektif ölçümlerin sürece dahil edilmesi, gözden kaçan zor hava yolu olasılığını azaltarak hasta güvenliğine hizmet edecektir. Kılavuzların bu konudaki çekingenliği anlaşılabilir bir durumdur; eşik değerlerin popülasyonlar arasında değişmesi, öğrenme eğrisi faktörü, prob basıncı ve ölçüm seviyesindeki standardizasyon eksiklikleri ultrasonun tek tip bir şablona dönüştürülmesini zorlaştırmaktadır. Buna rağmen hem hava yolu ultrasonografisine dair geniş meta-analizler (15, 16, 71) hem de bizimki gibi tek merkezli prospektif çalışmalar, ultrasonografik ölçümlerinin klasik testlerin üzerine objektif bir katkı eklediğini göstermektedir. Bundan dolayı Mallampati muayenesini ilk basamakta tutan, sınırda veya şüpheli olgularda ise HMDR ve CEM ölçümleriyle desteklenen basamaklı bir klinik algoritma uygulanabilir bir seçenektir. Amaç ultrasonu her hastaya zorunlu kılmak değil, klinik şüphenin oluştuğu durumlarda bir güvence olarak devreye sokmaktır.

Araştırmamızın en belirgin güçlü yönleri prospektif tasarımı, ultrasonografik ölçümlerin standart bir protokolle ve klinik süreçten kör bir biçimde yürütülmesi ve istatistiksel modelin kurulmasındaki titizliktir. Ölçümleri gerçekleştiren anestezi hekimi hastanın klinik muayene verilerine kör iken, entübasyonu ve Cormack-Lehane derecelendirmesini yapan hekim ise hem Mallampati hem de ultrason ölçüm değerlerinden habersizdi. Bu kör tasarım, olası beklenti hissini en aza indirmiştir. Ayrıca lojistik regresyon modelinin yüksek açıklayıcılık oranı ve güçlü kalibrasyonu, elde ettiğimiz bağımsız öngörücülerin güvenilirliğini artırıyor. Ayrıca bulgularımızın hem tanısal doğruluk oranları hem de zor laringoskopi prevalansı açısından Soni ve arkadaşlarının güncel olan 2025 yılı meta-analiziyle yakın bir uyum içinde olması, tek

merkezli bir çalışma olmamıza rağmen sonuçlarımızın genellenebilir, güvenilir ve bilimsel ağırlığının olduğunu gösteren kıymetli bir referanstır (71).

Çalışmamızın en önemli kısıtlılığı, VKİ> 35 kg/m² olan morbid obez hasta grubunu çalışma kapsamı dışında tutmuş olmamızdır. Literatür verileri, geleneksel fiziksel muayene testlerinin obez popülasyonda güvenilirliğini büyük ölçüde kaybettiğini, buna karşın ultrasonografik parametrelerin, özellikle CEM ve anterior boyun yumuşak doku ölçümlerinin, bu grupta klasik testlere belirgin bir üstünlük sağladığını göstermektedir (50, 82). Bizim bulgularımız temel olarak VKİ ≤ 35 kg/m² olan elektif cerrahi hastaları için genellenebilir bir sonuçtur, ancak ultrasonun asıl klinik fark yaratacağı obez ve obstrüktif uyku apnesi olan popülasyonlarda etki büyüklüklerinin daha yüksek olacağını tahmin etmek zor değildir. Bu hasta grubunu hedefleyen veya VKİ sınırı olmayan yeni prospektif serilere ihtiyaç vardır. Biz aslında bu çalışmayı kurgularken, yöntemi daha karmaşık hasta gruplarına taşımadan önce sağlam bir zeminde test etmeyi amaçladığımız için bu VKİ kısıtlamasını çalışmamıza uyguladık. Bir sonraki adım bu sınırı kaldırarak ilerlemek olmalıdır.

Diğer kısıtlılıklarımız arasında çalışmanın tek merkezli olması ve belirgin anatomik anomalisi bulunan hastaların dışlanması olabilir. Laringoskopide tek bir videolaringoskopi markasının, ultrasonda ise tek tip cihaz ve prob setinin (lineer ve konveks) kullanılması bulguların farklı klinik donanımlara genellenebilirliğini sınırlayabilir. İstatistiksel açıdan bakıldığında, DeLong testinin %13,4 gibi düşük bir prevalans altında sınırlı bir güce sahip olması, ultrason parametreleri ile Mallampati arasındaki sayısal farkın istatistiksel anlamlılığa ulaşamamasının temel nedenidir.

Yöntemsel açıdan kısıtlılıklarımız ise; ultrason ölçümlerinin tek bir uygulayıcı tarafından yapılması beklenti hissine bağlı yanılgıyı giderse de, gözlemciler arası güvenilirlik analizi yapmamıza imkan tanımamıştır. Hava yolu ultrasonunun bilinen bir öğrenme eğrisi vardır ve ölçüm doğruluğu uygulayıcının deneyimine bağlıdır (69, 85). Çalışmamızın bir diğer kısıtlılığı, tüm ultrasonografik ölçümlerin hastalar uyanıkken ve statik pozisyonlarda gerçekleştirilmiş olmasıdır. Oysa literatürde de gösterildiği üzere, anestezi indüksiyonu ve nöromüsküler blokaj sonrasında üst hava yolu yumuşak dokularında belirgin bir kollaps ihtimali ve anatomik şekil değişiklikleri meydana gelmektedir (32). İndüksiyon sonrası ortaya çıkan bu dinamik değişikliklerin, uyanık dönemdeki statik ölçümlere tam olarak yansımaması, öngörü başarısını sınırlandıran faktörlerden biri olabilir (36). Bu nedenle uyanık dönemde alınan statik ölçümler, indüksiyon sonrası dinamik süreci bire bir yansıtmamaktadır. Son olarak, Cormack-Lehane sınıflamasının gözlemciler arası değişkenliğe açık olduğunu hatırlamak gerekmektedir. Biz

bunu tek bir uygulayıcıyla en aza indirmeye çalışsak da bu etkiyi tümüyle ortadan kaldırmak mümkün değildir. Tüm bu kısıtlılıklar göz önüne alındığında, çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların klinik pratiğe tam olarak entegre edilebilmesi için çok merkezli ve daha geniş örneklemli araştırmalarla desteklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Elektif cerrahi planlanan erişkin hastalarda yürüttüğümüz bu prospektif gözlemsel çalışmada, ameliyat öncesi yapılan ultrasonografik (USG) hava yolu ölçümlerinin zor laringoskopiyi öngörme başarısını, modifiye Mallampati skoru ve geleneksel fizik muayene yöntemleriyle karşılaştırdık. Elde ettiğimiz verilere göre; ekstansiyonda ölçülen hiyomental mesafe, hiyomental mesafe oranı (HMDR) ve cilt-epiglot mesafesi zor laringoskopiyle en güçlü ilişkiyi gösteren parametrelerdir. Bu tablo bize, laringoskopik görüş zorluğunu belirleyen asıl anatomik faktörlerin, boyun ön bölgesindeki yumuşak doku kalınlığı ve boynun ekstansiyon kapasitesi olduğunu göstermektedir.

Ultrason parametreleri; tiromental mesafe veya ağız açıklığı gibi geleneksel yöntemlere kıyasla hastaları ayırmada çok daha yüksek bir başarı sergilemiştir. Her ne kadar ultrason ölçümleri sayısal olarak Mallampati skorunu geride bıraksa da aradaki bu fark istatistiksel açıdan anlamlı düzeye ulaşmamıştır. Bu durum aslında Mallampati testinin deneyimli ellerde ne kadar değerli bir araç olduğunu ve klinik rutinden çıkarılmaması gerektiğini kanıtlamaktadır. Mallampati, dışlanması gereken değil, USG gibi nesnel ölçümlerle desteklenmesi gereken temel bir testtir. Ayrıca, tek merkezli bir çalışma olmamıza rağmen sonuçlarımızın, özellikle Soni ve arkadaşlarının güncel meta-analizi başta olmak üzere geniş çaplı literatür verileriyle birebir örtüşmesi, elde ettiğimiz bulguların güvenilirliğini ve genellenebilirliğini pekiştirmektedir.

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, saptadığımız sınır değerler üzerinden yapılacak bir ultrasonografik değerlendirmenin, zor laringoskopiyi öngörmede oldukça güvenilir bir yöntem olarak anestezi pratiğine katılabileceğini düşünmekteyiz. Özellikle Mallampati skoru sınırda veya şüphede kalınan olgularda, HMDR ve cilt-epiglot mesafesi ölçümlerinin preoperatif tanısal güvenilirliği ciddi oranda artıracaktır. Pratik klinik işleyişte en akılcı ve uygulanabilir yaklaşım ise ilk basamakta Mallampati muayenesinin kullanıldığı, sınırda kalan şüpheli vakalarda ise ultrasonografinin devreye girdiği kademeli bir algoritma oluşturmaktır.

Gelecekte, görüntü işleme teknolojileri veya yapay zeka modelleri yardımıyla HMDR ve cilt-epiglot mesafesi gibi ölçümlerin otomatikleştirilmesi, kişiye bağlı hata payını ortadan kaldırarak yöntemin standartlaşmasını hızlandırabilir. Zamanla artacak olan bu kanıtlar sayesinde, ultrasonografik havayolu muayenesi; anestezi pratiğinde geleneksel testlerin yerini alan değil, onların eksiklerini kapatan objektif bir tamamlayıcı olarak kalıcı yerini alacaktır.

EKLER

HASTA TAKİP FORMU

1. Demografik Veriler

- Adı Soyadı: ..... Yaş: ..... Cinsiyet: E K
- Boy: ..... cm Kilo: ..... kg **BMI:** ..... kg/m² ASA Skoru: I II III

2. Fiziksel Hava Yolu Muayenesi (Preop)

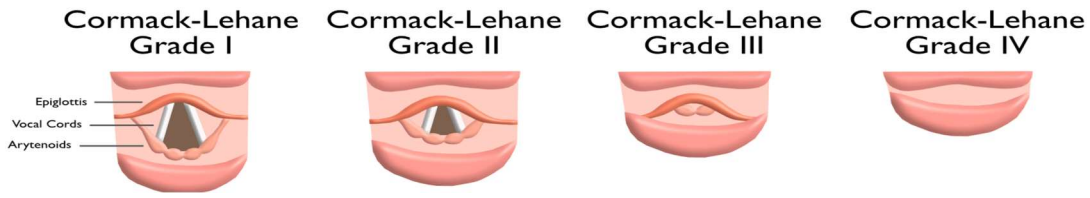
- 

- **Tiromental Mesafe (TMD):** ..... cm
- **Ağız Açıklığı:** ..... cm
- **Fizik Muayene Değerlendirme Süresi:** ..... saniye

3. Ultrasonografik Ölçümler (Preop) *(Prob: Lineer / Konveks)*

- **Cilt - Epiglot Mesafesi (Skin-to-Epiglottis):** ..... mm
- **Dil Kökü Kalınlığı (Tongue Thickness):** ..... mm
- **Hiyomental Mesafe (Nötral Pozisyon):** ..... mm
- **Hiyomental Mesafe (Ekstansiyon Pozisyonu):** ..... mm
- **HMDR (Ekstansiyon / Nötral):** ..... (Oran)
- **USG Değerlendirme Süresi:** ..... saniye

4. İntraoperatif Veriler (Referans Standart)



- Alternatif Ekipman Kullanıldı mı?: Hayır Evet (Stile / Buji / Video Laringoskop)
- Entübasyon deneme sayısı: