TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

1-4 YAŞ ARASI ÇOCUKLARDA OPTİMUM ENTÜBASYON TÜPÜ DERİNLİĞİNİN 4 FARKLI FORMÜLLE (YAŞA GÖRE, BOYA GÖRE, AĞIRLIĞA GÖRE VE 3.PARMAK BOYUNA GÖRE) KARŞILAŞTIRILMASI VE FİBEROPTİK BRONKOSKOPİ YARDIMIYLA TÜP DERİNLİĞİNİN DOĞRULANMASI

Dr. Tuğçe ATA

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

TIPTA UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Özlem SELVİ CAN
İKİNCİ DANIŞMAN
Doç. Dr. Volkan BAYTAŞ

ANKARA
2025

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

1-4 YAŞ ARASI ÇOCUKLARDA OPTİMUM ENTÜBASYON TÜPÜ DERİNLİĞİNİN 4 FARKLI FORMÜLLE (YAŞA GÖRE, BOYA GÖRE, AĞIRLIĞA GÖRE VE 3.PARMAK BOYUNA GÖRE) KARŞILAŞTIRILMASI VE FİBEROPTİK BRONKOSKOPİ YARDIMIYLA TÜP DERİNLİĞİNİN DOĞRULANMASI

Dr. Tuğçe ATA

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI

TIPTA UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Özlem SELVİ CAN
İKİNCİ DANIŞMAN
Doç. Dr. Volkan BAYTAŞ

ANKARA
2025

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi
Tıp Fakültesi Dekanlığı'na,

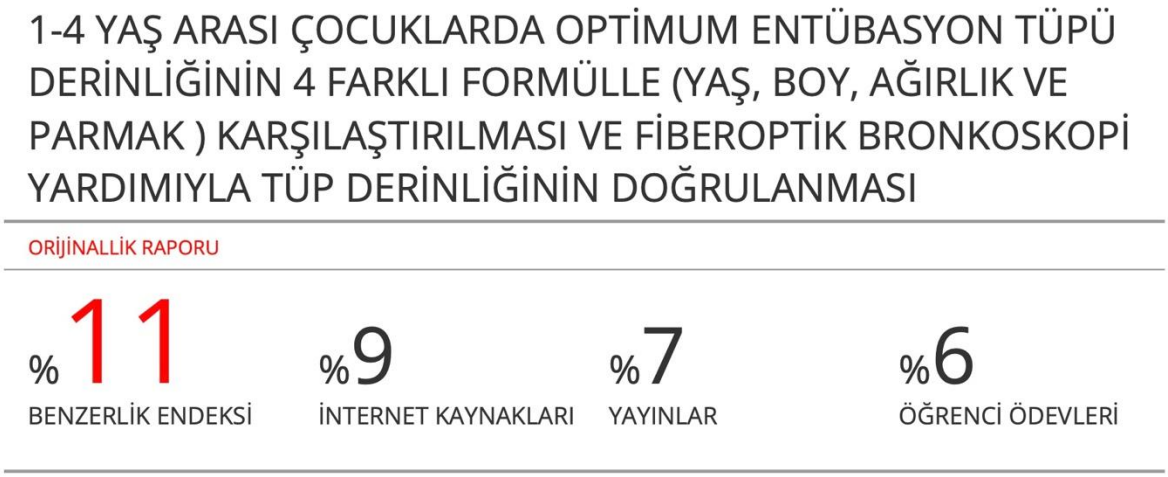
Tıpta Uzmanlık Tezi olarak hazırlayıp sunduğum "1-4 Yaş Arası Çocuklarda Optimum Entübasyon Tüpü Derinliğinin 4 Farklı Formülle (Yaşa Göre, Boya Göre, Ağırlığa Göre Ve 3.Parmak Boyuna Göre) Karşılaştırılması ve Fiberoptik Bronkoskopi Yardımıyla Tüp Derinliğinin Doğrulanması" başlıklı tez; bilimsel ahlak 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 Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından, 10.11.2022 tarihinde, İ10-612-22 numaralı kararla onaylanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Dr. Tuğçe ATA
Tarih:
İmza:

ÖZGÜNLÜK RAPORU



KABUL ONAY SAYFASI

ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİNİN		
Adı, Soyadı	**:** DR. TUĞÇE ATA	**Sınav tarihi:** 24/04/2025
Anabilim/Bilim Dalı	**:** ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON A.D.	
Tez Danışmanı	**:** PROF.DR.ÖZLEM CAN	

II. TEZ İLE İLGİLİ BİLGİLER			
Tezin Başlığı: "1-4 yaş arası çocuklarda optimum entübasyon tüpü derinliğinin 4 farklı formülle (yaşa göre, boya göre, tüp iç çapına göre ve ağırlığa göre) karşılaştırılması ve fiberoptik bronkoskopi yardımıyla tüp derinliğinin doğrulanması"			
Tezin Niteliği:	☒ Ana Dal Uzmanlık Tezi	☐ Yan Dal Uzmanlık Tezi	
Kaçıncı tez sınavı olduğu:	☒ 1	☐ 2	☐ 3

III. KARAR

Yapılan tez sınavı sonucunda yukarıda belirtilen tezin "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak

☒ Kabulüne

☐ Reddine

☐ Düzeltmeler yapıldıktan sonra tekrar değerlendirilmesine

☒ Oy birliği ☐ Oy çokluğu ile karar verilmiştir.

IV. AÇIKLAMALAR

Lütfen, tezin reddi veya düzeltme istenmesi durumunda gerekçeli açıklamalarınızı buraya yazınız

Jüri Başkanı
PROF.DR.NESLİHAN ALKIŞ
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Anesteziyoloji ve Reanimasyon A.D.

Jüri Üyesi
PROF.DR.ÖZLEM CAN
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Anesteziyoloji ve Reanimasyon A.D.

Jüri Üyesi
DOÇ.DR.SÜHEYLA KARADAĞ ERKOÇ
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Anesteziyoloji ve Reanimasyon A.D.

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşan, mesleki olarak beni yönlendiren başta Prof. Dr. Neslihan Alkış olmak üzere tüm Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Deneyimleri ve anlayışıyla yanımda olan, tez çalışmam süresince desteğini hep hissettiğim, sabrıyla, bilgisiyle, tecrübesiyle, mesleki becerisiyle asistanlık sürecimde yol gösteren, değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Özlem SELVİ CAN'a,

Ayrıca, tez çalışmam sırasında bana yol gösteren, her zaman beni destekleyen ikinci tez danışmanım Doç. Dr. Volkan BAYTAŞ'a,

Yoğun Bakım rotasyonlarında birlikte çalışma fırsatı bulduğum için çok şanslı hissettiğim, bilgi ve tecrübeleri ile bizi aydınlatan kıymetli hocam Prof. Dr. Mustafa Kemal BAYAR'a,

Tez sürecimde desteğini esirgemeyen, yanımda olan sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Nur DURUK ERKENT'e

Asistanlık sürecimi keyifli hale getiren, sevgi ve dostlukları ile yanımda olan ve bu zorlu süreci güzelleştiren başta canım eş kıdemlerim Dr. Zeynep ALTINBAŞ, Dr. Büşra KIDAM ŞAHİN, Dr. Bekir Can DERİNÖZ olmak üzere tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Beraber çalışmaktan büyük bir keyif aldığım tez sürecimde bana destek olan çocuk ameliyathanesinin güler yüzlü anestezi teknikerleri ve personellerine, tezim için her bronkoskop istediğimde benden önce hazır olan bronkoskopiden sorumlu teknisyenimiz Nilüfer Hanım'a,

Çalışma ortamımı her zaman güzelleştiren tüm anestezi tekniker ve hemşirelerine, yoğun bakım hemşire ve personellerine,

Büyük emek ve fedakârlık göstererek bugünlere gelmemi sağlayan, sevgileriyle, sabırlarıyla ve destekleriyle maddi, manevi her zaman yanımda olan canımdan çok sevdiğim anneme, babama ve kardeşlerime,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Tuğçe ATA

Nisan, 2025

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan ii
Özgünlük Raporu iii
Kabul Onay Sayfası iv
Önsöz v
İçindekiler vi
Simgeler ve Kısaltmalar viii
Şekiller Dizini ix
Tablolar Dizini x

1. ÖZET 1

2. ABSTRACT 3

3. GİRİŞ VE AMAÇ 5

4. GENEL BİLGİLER 8

4.1. Havayolu Anatomisi 8

4.1.1. Burun Boşluğu 8

4.1.2. Ağız Boşluğu 9

4.1.3. Farinks 9

4.1.4. Larinks 11

4.1.4.1. Larinksin Görünümü ve Yapısı 11

4.1.5. Trakea ve Bronşlar 12

4.2. Çocuklarda Havayolu Anatomisinin Erişkinlerden Farkları 13

4.3. Endotrakeal Entübasyon 16

4.3.1. Tanım ve Tarihçe 16

4.3.2. Endotrakeal Entübasyon Endikasyonları 17

4.3.3. Laringoskoplar 17

4.3.3.1. Miller Bıçak 18

4.3.3.2. Macintosh Bıçak 18

4.3.3.3. Videolaringoskoplar 19

4.3.4. Entübasyon Tüpleri 19

4.3.4.1. ETT'nin Yerleşim Derinliği 20

4.4. Fleksibl Fiberoptik Bronkoskopi (FOB) 21

5. GEREÇ ve YÖNTEM **22**
5.1. Araştırma Planı 22
5.2. İstatiksel Analiz 24
6. BULGULAR **25**
7. TARTIŞMA **35**
8. SONUÇ ve ÖNERİLER **43**
9. KAYNAKLAR **44**

SİMGELER VE KISALTMALAR

ASA : Amerikan Anestezistler Derneği
BOS : Beyin Omurilik Sıvısı
Cm : Santimetre
DL : Direkt Laringoskopi
ETT : Endotrakeal Tüp
FOB : Fiberoptik Bronkoskopi
Mcg : Mikrogram
Mg : Miligram
Mm : Milimetre
NGT : Nazogastrik Tüp
NMBD : Nöromüsküler Bloke Edici İlaç
PAAC : Posterior-Anterior Akciğer Grafisi
PALS : Pediyatrik İleri Yaşam Derneği
SGA : Supraglottik Airway
TME : Temporamadibular Eklem

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Havayolu Anatomisi 8
Şekil 4.2. Saggital Kesitte Farenksin Bölümleri 10
Şekil 4.3. Ağız Boşluğu ve Orofarenks 10
Şekil 4.4. Larinksi Oluşturan Kıkırdak Yapılar 11
Şekil 4.5. Hipofarenskten Görüntülenen Larinks 12
Şekil 4.6. Yetişkin ve Çocuk Havayolu Anatomisi 13
Şekil 4.7. İnfant ve Erişkin Hava Yollarında Ödem ve Hava Yolu Direnci İlişkisi 15
Şekil 6.1. Yaşa Göre ETT Ağız Kenarı 28
Şekil 6.2. Yaşa Göre Ön Kesici Diş-Vokal Kord 28
Şekil 6.3. Yaşa Göre Ön Kesici Diş-Karina 28
Şekil 6.4. Yaşa Göre Vokal Kord Karina- Trakea Uzunluğu 29
Şekil 6.5. ETT Ağız Kenarı ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki 30
Şekil 6.6. Ön Kesici Diş-Vokal Kord ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki 30
Şekil 6.7. Ön Kesici Diş-Karina ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki 31
Şekil 6.8. Vokal Kord Karina-Trakea Uzunluğu ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki 31
Şekil 6.9. Formüllerin proksimal entübasyon yaptırma yüzdeleri 33
Şekil 6.10. Formüllerin optimal entübasyon yaptırma yüzdeleri 34
Şekil 6.11. Formüllerin distal entübasyon yaptırma yüzdeleri 34

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Çocuklarda Yaklaşık Hava Yolu Boyutları 16
Tablo 6.1. Genel Bilgiler ve Kullanılan ETT Boyutları 26
Tablo 6.2. ETT Derinlik Formülleri ile Yaşlara Göre Optimum ETT derinliği mesafesi (cm) 27
Tablo 6.3. FOB ile yapılan Ölçüm Sonuçları 27
Tablo 6.4. Çocukların Genel Bilgileri ile Ölçümler Arasındaki İlişki 29
Tablo 6.5. Optimum Entübasyon Tüpü Derinliği Formül Sonuçları 32
Tablo 6.6. Entübasyon Tüpü Derinlik Yerleşiminin Doğruluğu 32

1. ÖZET

1-4 Yaş Arası Çocuklarda Optimum Entübasyon Tüpü Derinliğinin 4 Farklı Formülle (Yaşa Göre, Boya Göre, Ağırlığa Göre ve 3.Parmak Boyuna Göre) Karşılaştırılması ve Fiberoptik Bronkoskopi Yardımıyla Tüp Derinliğinin Doğrulanması

Amaç: Endotrakeal entübasyon, genel anestezi uygulamaları ve havayolu yönetiminin gerekli olduğu durumlarda sıkça başvurulan, hayati öneme sahip bir girişimdir. Endotrakeal tüpün (ETT) trakeadaki optimal yerleşim yeri, vokal kordların distalinde, trakeanın orta üçte birlik bölümüdür.Klinik değerlendirmelere ek olarak ETT pozisyonunun doğrulanmasında akciğer grafisi (PAAC) ve fiberoptik bronkoskopi (FOB) gibi yöntemler kullanılabilmektedir. Bu çalışma, 1–4 yaş aralığındaki çocuklarda yaş, boy, vücut ağırlığı ve el orta parmak uzunluğu gibi fiziksel parametrelere dayalı formüllerle hesaplanan ETT derinliklerinin, FOB ile belirlenen ideal yerleşim ile uyumluluğunu araştırmayı amaçlamaktadır. Elde edilecek veriler doğrultusunda, bu yaş grubunda optimum tüp yerleşimini en doğru şekilde öngören formül veya formüllerin belirlenmesi hedeflenmektedir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'ndan alınan etik onay (Karar No: İ10-612-22) sonrasında, 01.06.2023 ile 30.07.2024 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Cebeci Çocuk Hastanesi Ameliyathaneleri'nde yürütülmüştür. Çalışmaya, ebeveynlerinden veya yasal temsilcilerinden yazılı bilgilendirilmiş onam alınmış; 1–4 yaş aralığında, elektif cerrahi planlanan, genel anestezi altında endotrakeal entübasyon gerektiren ve Amerikan Anestezistler Derneği (ASA) sınıflamasına göre ASA I, II veya III fiziksel durumda olan 120 çocuk hasta dahil edildi Tüm çocukların yaş, boy, vücut ağırlığı ve sağ el 3. (orta) parmak uzunluğu kaydedildi. Entübasyon, yaşa göre uygun çapta hesaplanan kaflı endotrakeal tüplerle [(yaş/4) + 3.5 mm formülü] direkt veya video-laringoskopi yardımıyla gerçekleştirildi. Başlangıç tüp derinliği, ETT iç çapı × 3 (cm) formülü ile hesaplandı ve bilateral akciğer sesleri oskültasyonla doğrulandıktan sonra ETT ağız kenarına sabitlendi. Fiberoptik bronkoskopi ile ölçülen ön kesici diş–karina mesafesi ile ön kesici diş–vokal kord mesafesi arasındaki fark trakea uzunluğu olarak kabul edildi. Daha sonra, ETT yerleşim derinliğini öngörmek için aşağıda belirtilen dört farklı formül kullanılarak teorik derinlikler hesaplandı:

1. **Orta parmak uzunluğuna dayalı formül**: Orta parmak uzunluğu (cm) × 3
2. **Yaşa dayalı formül**: (Yaş / 2) + 12
3. **Ağırlığa dayalı formül**: (Ağırlık / 2) + 8
4. **Boy uzunluğuna dayalı formül**: (Boy (cm) × 0.1) + 5

Hesaplanan derinlikler, fiberoptik bronkoskopi ile belirlenen ideal entübasyon derinliği (trakeanın orta üçte birlik kısmı) ile karşılaştırıldı ve her formülün entübasyon yerleşimini doğru tahmin etme başarısı değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya toplam 120 çocuk dâhil edildi ve sonuçları analiz edildi. Tüm formüllere göre optimum entübasyon tüpü derinliği ortalaması bulundu. Formüllerle elde edilen ortalama ETT derinlikleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (**p = 0,001**). Yapılan ölçümler ile çocukların boyu, ağırlığı, yaşı ve üçüncü parmak uzunluğu arasında pozitif ve yüksek düzeyde korelasyon saptandı. Bu parametreler içinde trakea uzunluğu ile en yüksek korelasyonu üçüncü parmak uzunluğu göstermiştir (**r = 0,876**; $p > 0,05$). Çalışmamızda **boy formülü** (**(boy x 0,1) + 5**) **%96,7** oranıyla **en yüksek doğruluk oranına sahip** formül olarak öne çıkmıştır. Aynı zamanda en düşük yanlış yerleşim oranına sahip olması nedeniyle, klinik pratikte kullanım açısından en güvenilir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç : 1-4 yaş aralığındaki çocukları kapsayan çalışmamızda, fiberoptik bronkoskopi (FB) ile yapılan trakea uzunluğu ölçümleri ile dört farklı formülle hesaplanan optimum entübasyon derinliklerinin; çocukların boy, yaş, ağırlık ve üçüncü (orta) parmak uzunluğu ile pozitif korelasyon içinde olduğu görülmüştür. Çalışmamızda kullanılan boy uzunluğuna dayalı Morgan formülü ile orta parmak uzunluğuna dayalı formülün, Türk çocukları için ideal ETT yerleşimini yüksek doğrulukla öngördüğü saptanmıştır. Çalışmamız Türk çocuklarında, Morgan'ın boy formülü ((boy x 0,1) + 5) ile orta parmak uzunluğuna dayalı formülün (orta parmak uzunluğu x 3), ETT için ideal yerleşim derinliğini yüksek doğrulukla öngördüğünü ortaya koymuştur. Bu yönüyle çalışmamız, ülkemizde bu alanda yapılan ilk çalışma olması açısından da önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pediyatrik havayolu, endotrakeal tüp, entübasyon derinliği, orta parmak uzunluğu

2. ABSTRACT

Comparison of Optimal Endotracheal Tube Depth Using Four Different Formulas (Based on Age, Height, Weight, and Third Finger Length) in Children Aged 1–4 Years and Verification with Fiberoptic Bronchoscopy

Aim: Endotracheal intubation is a vital procedure frequently employed in general anesthesia and airway management. The optimal position of the endotracheal tube (ETT) within the trachea is the middle third portion, distal to the vocal cords. In addition to clinical assessments, methods such as posteroanterior chest radiography (PA-CXR) and fiberoptic bronchoscopy (FOB) can be used to verify ETT placement. This study aims to evaluate the compatibility of ETT depth predictions, calculated using formulas based on age, height, body weight, and middle finger length, with the ideal positioning determined by FOB in children aged 1–4 years. Based on the collected data, the study seeks to identify the formula(s) that most accurately predict optimal tube placement in this age group.

Materials and Methods: Following approval from the Human Research Ethics Committee of Ankara University Faculty of Medicine (Decision No: İ10-612-22), this study was conducted between June 1, 2023, and July 30, 2024, in the operating rooms of Ankara University Children's Hospital (Cebeci Campus). A total of 120 pediatric patients aged 1–4 years, scheduled for elective surgery under general anesthesia, and classified as ASA physical status I, II, or III according to the American Society of Anesthesiologists, were enrolled after obtaining written informed consent from their parents or legal guardians.

Each child's age, height, body weight, and right-hand third (middle) finger length were recorded. Intubation was performed using cuffed ETTs with internal diameters determined by the age-based formula [(age/4) + 3.5 mm], using direct or video laryngoscopy. Initial tube depth was calculated using the formula ETT internal diameter × 3 (cm), and the tube was fixed at the mouth after confirming bilateral breath sounds by auscultation.

The difference between the incisor-to-carina and incisor-to-vocal cord distances measured via FOB was accepted as the tracheal length. Subsequently, the theoretical ETT depths were calculated using the following four formulas:

1. **Middle finger length-based formula:** Third finger length (cm) × 3
2. **Age-based formula:** (Age / 2) + 12
3. **Weight-based formula:** (Weight / 2) + 8
4. **Height-based formula (Morgan's formula):** (Height (cm) × 0.1) + 5

The calculated depths were compared with the ideal intubation depth as determined by FOB (middle third of the trachea), and the predictive accuracy of each formula was evaluated.

Results: A total of 120 children were included and their results analyzed. The mean optimal ETT depth was calculated for each formula, and statistically significant differences were found between the average depths ($p = 0.001$). A strong positive correlation was observed between tracheal length and the children's height, weight, age, and third finger length. Among these parameters, the strongest correlation with tracheal length was found with third finger length ($r = 0.876$; $p > 0.05$). In this study, the height-based formula [(height × 0.1) + 5] demonstrated the highest accuracy rate (96.7%) and had the lowest rate of misplacement, making it the most reliable method for clinical practice.

Conclusion: In this study involving children aged 1–4 years, the tracheal lengths measured by fiberoptic bronchoscopy were found to be positively correlated with four different formulas based on height, age, weight, and third finger length. The height-based Morgan formula and the third finger length-based formula were identified as the most accurate predictors of ideal ETT placement depth in Turkish children. As such, our study provides valuable insight as the first of its kind in our country to examine this topic

Key Words: Pediatric airway, endotracheal tube, intubation depth, middle finger length

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Endotrakeal entübasyon; genel anestezi uygulamalarında, herhangi bir nedenle havayolunun korunmasını gereken durumlarda, pozitif basınçlı ventilasyonun kolaylaştırılması ve oksijenasyonun sürdürülmesi gibi amaçlarla çok sık uygulanan hayati bir girişimdir. (1)

Havayolu yönetimi ve endotrakeal entübasyon becerisinin kazanılması hekimler için kritik bir öneme sahiptir. Bu beceri için bilgi, eğitim ve deneyim gereklidir. Erişkin hastalardan anatomik ve fizyolojik olarak farklı olan çocuklarda ise bu becerinin kazanılması biraz daha güç olabilir. Çocuklarda hava yolu yönetimi; küçük boyutları, oksijen tüketimlerinin erişkinlerden yüksek ve rezervlerinin kısıtlı olması gibi nedenlerle kritik durumlarda hızla desatüre ve bradikardik hatta asistolik olabilmeleri nedeniyle genellikle erişkinlere göre daha streslidir.

Endotrakeal entübasyon; uygun malzemelerle hızlı, güvenli ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi gereken kritik bir uygulamadır. Uygulayıcının deneyimi, hastaya ait faktörler, uygun malzemelerin kullanımı, endotrakeal tüpün (ETT) yerinin doğrulanması gibi işlem sırasında başarı ve güvenliği etkileyen pek çok faktör vardır. Endotrakeal tüp vokal kord düzeyini geçtikten sonra trakeada nerede konumlandırılacağı da bir başka önemli noktadır.

Endotrakeal tüplerin doğru konumlanmaması ciddi komplikasyonlara yol açabilir. Endotrakeal tüp trakeanın fazla proksimalinde kalırsa kazara ekstübasyona, larinks yaralanmasına, yetersiz ventilasyona, hipoksiye, hipoksiye bağlı beyin hasarına ve hatta ölüme neden olabilir. Ancak; tüp trakeanın çok distaline yerleştirilirse, karinanın yaralanmasına, endobronşiyal entübasyona sebep olabilir. Sonuçta da ventile edilmeyen akciğerde atelektaziye ve fazla ventilasyona maruz kalan akciğerde hiperinflasyona neden olabilir. (2) Tüm bu olumsuzluklardan sakınmak için ETT'ün, vokal kordlardan geçtikten sonra trakeanın orta 1/3'ünde konumlandırılması optimum ETT lokasyonu olarak kabul edilebilir.

Endotrakeal entübasyon uygulamasının son aşaması olan ETT'nin trakeada ve doğru lokasyonda olduğunun tespiti de işlemin diğer basamakları kadar önemlidir ve uygulayıcı tarafından titizlikle kontrol edilmelidir. Özellikle çok küçük çocuklarda doğru trakeal tüp derinliğini tahmin etmek zordur. Endotrakeal tüpün yanlış yerleştirilmesi, tüm trakeal entübasyonların %30–50'sinde bildirilmiştir. (3)

Endotrakeal tüpün pozisyonunun ilk değerlendirilmesi ve ETT'nin doğru yerleşimi sıklıkla her iki akciğerde eşit solunum seslerinin oskültasyonu, her iki göğüs kafesinin ekspansiyonu ve ekspiryumda enditidal CO_2'nin tespiti ile yapılır. Ancak; akciğer hastalıkları veya konsolidasyon varlığında, kardiyak patoloji varlığında solunum sesleri eşit olmayabilir ve özellikle bebeklerde yansıyan solunum sesleri yanıltıcı olabilir. (4) İlaveten hastanın oskültasyonun mümkün olmadığı örneğin cerrahi işlem devam ederken ventilasyonla ilgili problemlerde ayırıcı tanıda endotrakeal tüpün yerinin doğru olup olmadığının tespiti için klinisyene yardımcı olabilecek yöntemlere ihtiyaç vardır.

Endotrakeal tüpün pozisyonunun klinik değerlendirmesine ek olarak, akciğer grafisi (PAAC) ETT pozisyonunu belirlemede kullanılabilir. PAAC grafisi ayrıca pulmoner hastalıkları değerlendirmek ve entübasyona bağlı komplikasyonları tespit etmek için de kullanılır. Ancak; PAAC grafisinin sonuçlarının değerlendirilmesi için gereken zaman yanlış konumlanmış bir ETT'nin yerinin düzeltilmesini geciktirebilir. (5) Optimum tüp lokasyonun değerlendirilmesinde bir başka işlem de fiberoptik bronkoskopi (FOB) olabilir. Bu yöntem hasta başında doğru, güvenli, hızlı, tekrarlanabilir ve basit bir ETT lokasyonu değerlendirilmesi ile birlikte havayolunun direkt görülmesini sağlar. Çocuklarda ve yetişkin hastalarda yapılan çalışmalar, bu işlemin hızlı, güvenli ve doğru olduğunu göstermiştir. (6) Ancak her entübasyondan sonra FOB ile tüp lokasyonu kontrolü pratik olmayabilir ve her koşulda FOB mevcut olmayabilir. (7)

Çocuklar; ekstrem prematüre bebeklerden 18 yaşa kadar neredeyse erişkin kabul edilen heterojen bir popülasyondur. Farklı yaşlarda farklı boyutlarda olabilmeleri nedeniyle endotrakeal entübasyon için her çocukta farklı malzeme (maske, laringoskop, ETT) gerekir. Erişkin hastalarda kullanılan ETT'ün lokasyonun doğrulanması için yukarıda bahsedilen tüm yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlere ilaveten çocuklarda ideal ETT yerleşim derinliğini belirlemek için çeşitli formüller incelenmiştir. Bu formüller karmaşık veya suboptimal doğruluğa sahiptir. Çocuğun yaşı, ağırlığı ve boyu gibi fiziksel özellikleri kullanılarak hesaplamalar yapılan formüller, çocuklarda ideal ETT yerleşim derinliğini tahmin etmek için sıklıkla kullanılmıştır. Ancak, bu formüller kullanılarak hesaplanan ideal ETT lokasyonun FOB ile görüntülenerek değerlendirildiği çalışma literatürde az sayıda mevcuttur.

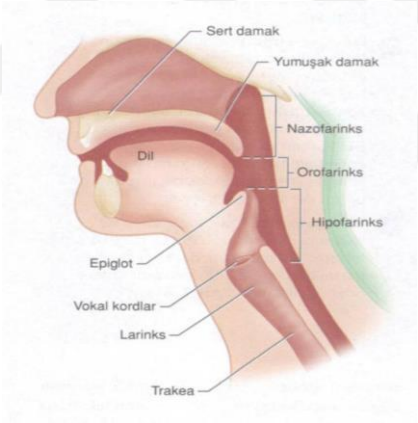
Bu çalışmada 1-4 yaş arasındaki çocuklarda; çocuğun el orta parmak uzunluğu, yaşı, ağırlığı ve boyu gibi fiziksel özelliklerini kullanarak ETT derinliğini (dudak kenarı-ETT ucu) hesaplamada kullanılan formüllerle elde edilen ETT derinlik önerileri, FOB rehberliğinde

yapılan değerlendirme ile karşılaştırılacaktır. Çalışmamızdan elde edilen verilerle, bu yaş grubunda ideal tüp derinliği olarak kabul ettiğimiz "trakeanın orta 1/3 kısmına denk gelecek ETT derinlik mesafesini" doğru tahmin ettirecek formül veya formülleri belirlemeyi amaçladık**.**

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Havayolu Anatomisi

Havayolu anatomisinin detaylı bir şekilde anlaşılması, anestezist için hayati öneme sahiptir. İyi bir havayolu yönetimi, ilgili anatomik yapıların iyi bilinmesine bağlıdır. Normal anatomi ve anatomik varyasyonlar hakkında bilgi sahibi olmak; havayolu yönetimini zorlaştırabilecek durumlar karşısında uygun bir havayolu yönetim planı oluşturulmasına yardımcı olur. Havayolu; burun boşluğu, ağız boşluğu, farinks ve larinksi içeren üst havayolu ile trakeobronşiyal ağacı içeren alt havayolu olarak ikiye ayrılabilir. İnsan havayolunun iki açıklığı vardır: nazofarenkse giden burun ve orofarinkse giden ağız. Bu açıklıklar önde damakla ayrılsa da arka tarafta farinkste birleşirler (Şekil 4.1.) (8)



Şekil 4.1. Havayolu Anatomisi (9)

4.1.1. Burun Boşluğu

Havayolu fonksiyonel olarak burun fossalarının dış açıklığı olan burun deliğinde (nares) başlar. Burun boşluğu septum ile sağ ve sol burun fossalarına ayrılmıştır. Septum; ön kısımda septal kıkırdaktan, arka kısımda ise üstte etmoid kemik ve altta vomer olmak üzere iki kemikten oluşur.

Burun fossalarının lateral duvarları üç kıvrımlı meatusa ayrılan üç konka ile karakterizedir. Alt konka ile burun boşluğunun tabanı arasında olan alt meatus, burun havayolu

araçlarının geçişi için tercih edilen yoldur. Burun boşluğunun tavanı, etmoid kemiğin bir parçası olan kribriform plak tarafından oluşturulur. Bu hassas yapı kırıldığında, burun boşluğu ile kafa tabanı arasında bağlantı oluşabilir ve beyin omurilik sıvısı (BOS) kaçağı meydana gelebilir.

Burun boşluğunun mukozal örtüsü oldukça damarlıdır, epistaksisi azaltmak için buruna herhangi bir işlem uygulanmadan önce genellikle topikal bir vazokonstriktör uygulanmalıdır. (8)

4.1.2. Ağız Boşluğu

Burun fossalarını küçük ve travma riskinin yüksek olması nedeniyle, havayolu araçları için genellikle ağız kullanılır. Birçok havayolu prosedürü, yeterli ağız açıklığını gerektirir; bu açıklık, temporomandibular eklemde (TME) rotasyon ve ardından mandibula kondillerinin TME içinde protrüze olması veya subluksasyonu ile sağlanır.

Ağız boşluğu, orofarinkse açılır ve üst kısmı sert ve yumuşak damak, alt kısmı ise dil tarafından sınırlanır. Maksilla ve palatin kemik tarafından olulturulan sert damak, ağız tavanının ön üçte ikisini meydana getirir. Yumuşak damak ise sert damağa bağlı fibröz kas dokusundan oluşur ve ağız tavanının arka üçte birini oluşturur.

Dil, ekstrinsik kasları ile çeşitli yapılara bağlanmıştır. Dili mandibulaya bağlayan genioglossus kası anestezistler için klinik açısından en önemli kastır. Bu kas çene itme (jaw-thrust) manevrasını sağlayarak dilin orofarinkse doğru geriye kaymasıyla oluşan havayolu tıkanıklığı giderir.

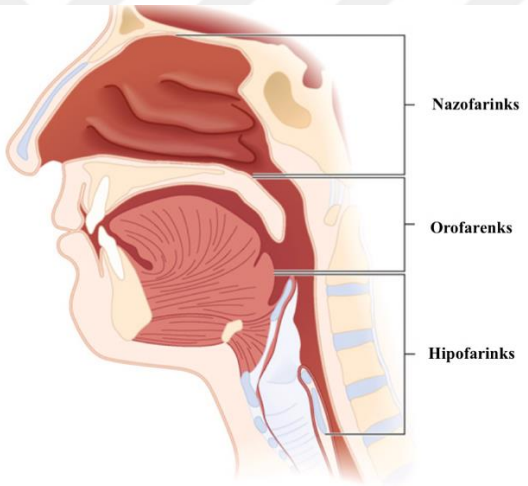
4.1.3. Farinks

Farinks, kafatası tabanından krikoid kıkırdak seviyesine kadar uzanır. Burun ile ağız boşluklarını larinks ve özofagus ile birleştirir. Farinks kasları uyanık hastalarda havayolunun açık kalmasını sağlar iken anestezi sırasında kas tonusunun kaybolması üst havayolu tıkanıklığının başlıca nedenlerinden biridir. Farinks, nazofarinks, orofarinks ve hipofarinks olmak üzere üç bölüme ayrılır (Şekil 4.2.):

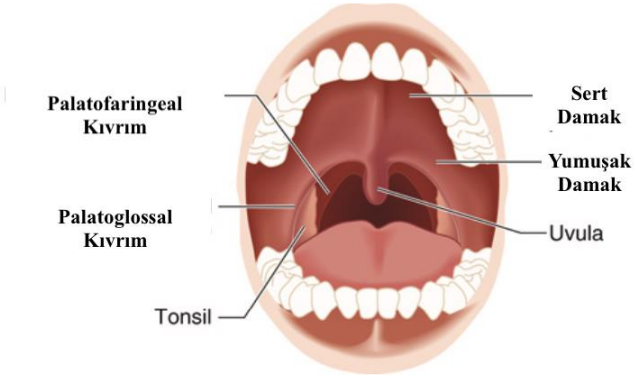
- Nazofarinks, üst ve arka duvarlarında adenoid tonsilleri içerir. Büyümüş adenoidler, kronik burun tıkanıklığına ve havayolu araçlarının zor geçişine neden olabilir. Nazofarinks, velofarinks olarak adlandırılan yumuşak damak seviyesinde sona erer ve hem uyanık hem de anestezi altındaki hastalarda yaygın bir havayolu tıkanıklığı bölgesi olarak bilinir.

- Orofarenks, yumuşak damaktan başlayarak epiglottis seviyesine kadar uzanır. Yan duvarlarında palatoglossal ve palatofaringeal kıvrımlar bulunur. Bu kıvrımlar, büyüyerek havayolu tıkanıklığına neden olabilen palatin tonsilleri içerir (Şekil 4.3). Orofarenksin ön kısmında yer alan dil tabanı, epiglottise glossoepiglottik kıvrımlar ile bağlanır; bu kıvrımlar, çift vallekula boşluklarını sınırlandırır.

- Hipofarinks, epiglottis seviyesinden başlayarak krikoid kıkırdak seviyesinde sona erer ve özofagusla devam eder. Larinks, hipofarinkse doğru çıkıntı yaparak her iki yanında piriform resesler oluşturur. (8)



Şekil 4.2. Saggital Kesitte Farenksin Bölümleri. (10)



Şekil 4.3. Ağız Boşluğu ve Orofarenks.(10)

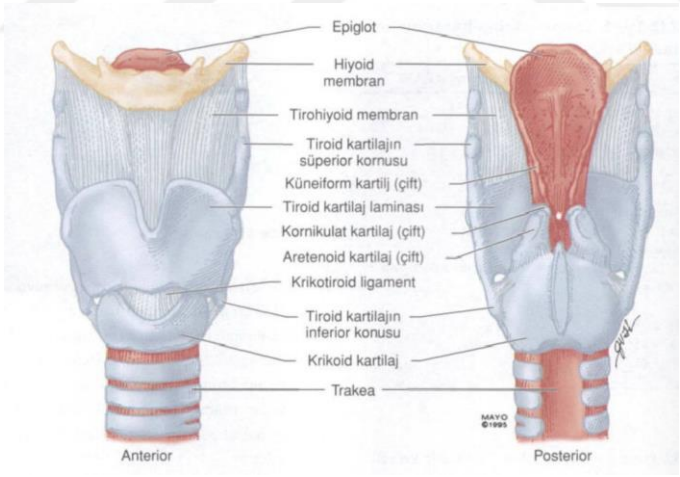
4.1.4. Larinks

Larinks; kas, kıkırdak ve bağlardan oluşan karmaşık bir yapıdır. Trakeanın girişini oluşturmanın dışında fonasyon ve havayolu koruması gibi çeşitli görevleri vardır. Larinks dokuz ayrı kıkırdaktan oluşur (Şekil 4.4):

- **Tekil kıkırdaklar**: Tiroid kıkırdak, krikoid kıkırdak ve epiglot

- **Çift kıkırdaklar**: Arytenoid, kornikulat ve kuneiform kıkırdaklar

Tiroid kıkırdak, en büyük kıkırdaktır ve larinksin yumuşak dokularını destekler. Boynun ön tarafında hissedilen üst tiroid çentiği ve laringeal çıkıntı, perkütan havayolu teknikleri ve laringeal sinir blokları için önemli anatomik işaret noktalarıdır. Krikoid kıkırdak, altıncı servikal vertebra seviyesinde yer alır, larinksin alt sınırını oluşturur ve havayolundaki tek tam kıkırdak halkasıdır. Krikotiroid membran ile ön tarafta tiroid kıkırdağa bağlıdır. Arytenoid kıkırdaklar, posterior krikoid ile eklem yapar ve vokal kordların arka bağlantı noktalarını oluşturur. (8)

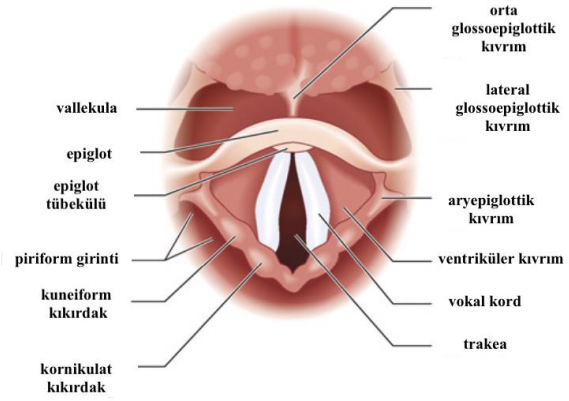


Şekil 4.4. Larinksi Oluşturan Kıkırdak Yapılar (9)

4.1.4.1. Larinksin Görünümü ve Yapısı

Farinksten bakıldığında, direkt laringoskopi (DL) sırasında görülebilen larinks (şekil 4.5), epiglottis ile başlar. Epiglot, larinks girişinin ön sınırını oluşturan kıkırdak yapılı bir kapaktır. Yutkunma sırasında yiyecekleri larinksten uzaklaştırarak trakeaya kaçışı önlemeye yardımcı

olur, ancak bu işlevi trakeal aspirasyonu tamamen engellemek için yeterli değildir. Epiglott, ön yüzeyinden hiyoepiglottik bağ aracılığıyla hiyoid kemiğin üst sınırına bağlanır.



Şekil 4.5. Hipofarenskten Görüntülenen Larinks(10)

- Larinks girişi, yanlarda aryepiglottik kıvrımlar, arkada ise kornikulat kıkırdaklar ve interarytenoid çentik ile çevrilidir.

- Larinks girişinin altındaki ve krikoid kıkırdağın alt sınırına kadar uzanan boşluk laringeal boşluk olarak adlandırılır.

- Ventriküler kıvrımlar larinks boşluğundaki en üst yapıdır.

- Vokal kordlar; arkada arytenoid kıkırdaklara, önde ise tiroid kıkırdağa bağlanır ve burada ön komissür oluşturur.

- Glottis, vokal kordlar arasındaki boşluktur.

- Vestibül, glottisin üstündeki bölüm; subglottis, vokal kordların altındaki bölümdür.

4.1.5. Trakea ve Bronşlar

Trakea, krikoid kıkırdak seviyesinde başlar ve T5 seviyesindeki karinaya kadar uzanır. Yetişkinlerde uzunluğu 10-15 cm'dir.

- Trakea, posterior kısmı açık olan 16-20 adet C-şekilli kıkırdak halkadan oluşur ve bunlar fibroelastik doku ile birleşir.

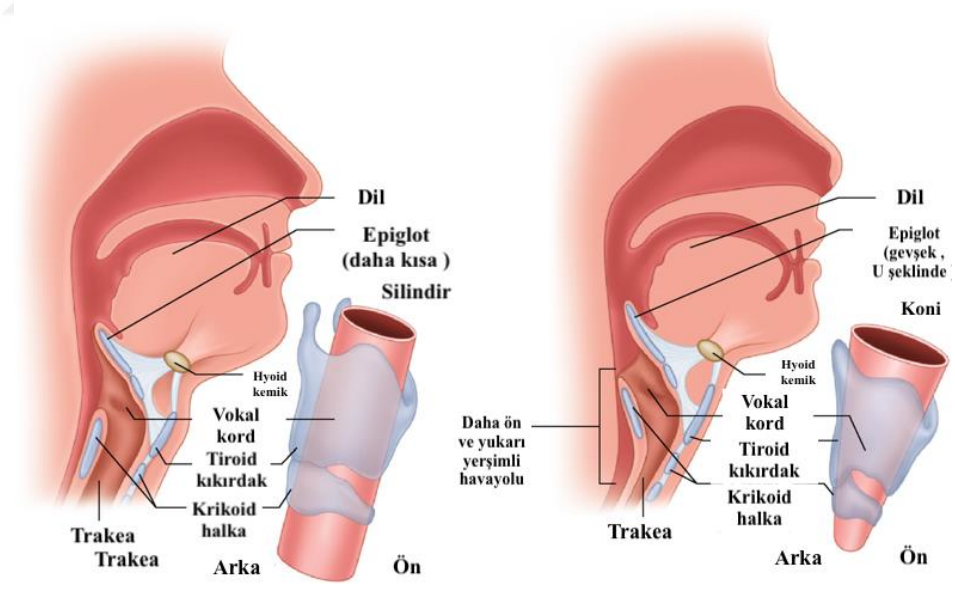
- Karina, trakeanın sağ ve sol ana bronşlara ayrıldığı noktadır.

• Yetişkinlerde sağ ana bronş, sol ana bronşa göre daha dik açıyla dallanır. Bu nedenle, yabancı cisimler ve endotrakeal tüpler (ETT'ler) sağ bronş lümenine kaçmaya daha yatkındır.

• Yenidoğan veya daha küçük çocuklarda ise sol ana bronş entübasyonu da olabilir. Bu durum genellikle tüpün tespitlenmesi veya trakeal entübasyondan sonra cerrahi pozisyon değişiklikleri sırasında meydana gelir. Baş fleksiyona getirildiğinde tüp ucu ileriye kayar. Bu nedenle, cerrahi pozisyon değişikliklerinden sonra her iki akciğerin solunum seslerinin eşit olup olmadığını yeniden değerlendirmek gerekir.(11)

4.2. Çocuklarda Havayolu Anatomisinin Erişkinlerden Farkları

Kafatası, membranöz ve kartilajinöz nörokranyumdan gelişir. Membranöz nörokranyum, kafatasının yassı kemiklerini oluştururken, kartilajinöz nörokranyum ise kafatası tabanını meydana getirir. Kafatası tabanının şekillenmesi, kraniyal taban, farinks, yüz ve damak arasındaki karşılıklı etkileşimleri içeren dinamik bir süreçtir. (12)



Şekil 4.6. Yetişkin ve Çocuk Havayolu Anatomisi (13)

Yenidoğan, küçük bebek ve yetişkinin hava yolu arasında güvenli anestezi uygulaması açısından önemli anatomik farklılıklar vardır (Şekil 4.6.):

Çocuklar, vücut boyutlarına oranla daha büyük bir baş ve oksiputa sahiptir. Bu durum sırtüstü yatar pozisyonda boyun fleksiyonuna neden olarak hava yolu tıkanıklığına yol açabilir. (14)

Çocuklarda dilin daha büyük olması, ağız boşluğunu küçültür ve hava yolunu daha kolay tıkayabilir. Anestezi sırasında azalan kas tonusu da dilin pasif olarak hava yolunu tıkamasına sebep olur. Bu nedenle, genellikle bir airway veya jaw-thrust manevrası gerekebilir. Sırtüstü yatan bebeklerde, dil inspirasyon sırasında yumuşak damağa karşı yayılma eğilimindedir ve ekshalasyon sırasında burundan pasif olarak hava çıkışı sağlanabilir. (14)

Laringoskopi sırasında başın büyük, boynun kısa olması zorluklara neden olabilir. Büyük dil de laringoskopide glottisi görmeyi zorlaştırabilir. (11)

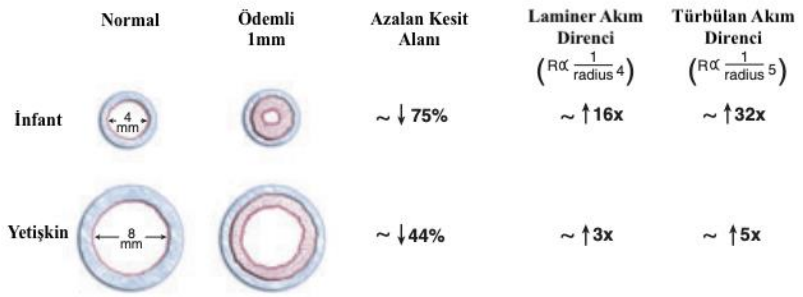
Dar olan burun boşluğu sekresyonlar veya ödem nedeniyle kolayca tıkanabilir, bu da ciddi sorunlara yol açabilir. Yenidoğanlar "zorunlu burun solunumu yapanlar" olarak tanımlanır. Bazı yenidoğanlar burun pasajları tıkandığında hemen ağız solunumuna geçemeyebilir. Boyun fleksiyonda iken üst hava yolu tıkanıklığı daha olasıdır. Bu nedenle anestezist, ekstübasyondan sonra bebek tamamen kendi soluyana kadar bebeğin boynunu ekstansiyonda tutmalıdır. Nazogastrik tüp (NGT) yerleştirilmesi hava yolu direncini artırır; eğer burun delikleri eşit değilse, NGT daha küçük burun deliğine yerleştirilmelidir, böylece olumsuz etkisi en aza indirilmiş olur.(11)

Bebeklerde larinks daha yukarıda (C3–C4 seviyesinde) ve daha anterior konumlanmıştır; uzun ekseni aşağı ve öne doğru yönelmiştir. Bebeklerde larinksin servikal seviyesinin yüksek olması, laringoskopi sırasında başın "koklama pozisyonuna" getirilmesinin, yetişkinlerde olduğu gibi glottisi görmeyi kolaylaştırmadığı anlamına gelir. Bebekte, baş yükseltildiğinde larinks de anteriora hareket eder. (11)

Çocuklarda larinksin daha yukarı yerleşimli olması dil tabanı ile larinks girişi arasındaki dik açı nedeniyle larinks yapılarını görmeyi zorlaştırabilir. Büyük oksiput laringoskopi sırasında boynun aşırı fleksiyonuna sebep olur. Bu yüzden laringoskopi esnasında boyun veya omuz desteği kullanımı önerilir. (14)

Hava yolunun en dar kısmı vokal kordların hemen altında krikoid kıkırdak seviyesindedir. Bu kısım yalancı çok katlı silli solunum yolu epiteli ile kaplıdır. Bu dokularda meydana gelen bir travma ödeme sebep olabilir ve küçük bir çevresel ödem bile zaten küçük olan hava

yolunun kesit alanını önemli ölçüde daraltır. Bunun net etkisi, hava akışına karşı direncin artmasıdır (bu direnç türbülanslıdır, yani Reynold sayısı >2100'dür), bu da stridora neden olur. Burada $R \propto 1/r^5$ bağıntısı geçerlidir; burada R direnç, r ise hava yolu yarıçapıdır. ETT yerleştirilmesi de hava yolu çapını daraltır, çünkü gaz akışı için kalan alan ETT'nin iç çapı olur ve bu da hava yolu direncini artırır (Şekil 4.7.).Bu etki, özellikle 3 yaş altındaki küçük çocuklarda daha belirgindir. Bu nedenle, eskiden pediatrik vakalarda ince duvarlı kafsız tüpler önerilirdi. Günümüzde ise kaflı ve kafsız tüplerin duvar kalınlığı aynıdır. (11)



Şekil 4.7. İnfant ve Erişkin Hava Yollarında Ödem ve Hava Yolu Direnci İlişkisi (14).

Epiglot, tiroid kıkırdağın arka kenarına tiroepiglottik bağ ile bağlı yaprak şeklinde bir yapıdır. Yetişkinlerde epiglot geniş olup, trakea ile paralel bir eksende iken bebeklerde daha dar, yumuşak ve yatay pozisyondadır. (14) Bebeklerde U şeklinde olup ve glottisin üzerinde yaklaşık 45°'lik bir açıyla posteriora doğru uzanır. Çoğu zaman, glottisin görülebilmesi için bir laringoskop bıçağının ucu ile kaldırılması gerekir. Bu nedenle, bebeklerde ve çocuklarda düz bıçaklı (miller) laringoskop önerilir, ancak uygun şekilde kullanılan Macintosh bıçak da benzer bir görüş sağlayabilir. (11) Epiglot, 4-5 yaş itibari ile vokal kordun eğri bir laringoskop bıçağı ile görülebileceği kadar sert hale gelir. (15)

Pediatrik hava yolununun kıkırdak desteği yetişkin hava yoluna göre daha az gelişmiştir. Bu durum, hava yolu tıkanıklığı varlığında dinamik hava yolu kollapsına yatkınlığı artırır. Araştırmalar, genel anestezi sırasında hava yolu tıkanıklığının, laringeal kas tonusunun azalmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Farinkste kas tonusunun kaybı, yumuşak damak ve epiglot seviyesinde hava yolu tıkanıklığına yol açar (16).

Trakea çocuklarda daha kısadır (yenidoğanda yaklaşık 5 cm), bu nedenle ETT'nin doğru yerleştirilmesi ve sabitlenmesi çok önemlidir. Trakeal kıkırdaklar yumuşaktır ve maske tutan bir anestezistin parmakları tarafından kolayca sıkıştırılabilir veya bebek tıkalı bir hava yoluna

karşı güçlü bir şekilde nefes almaya çalışırken çökebilir (dinamik kompresyon). (Tablo 4.1.) (11)

Tablo 4.1. Çocuklarda Yaklaşık Hava Yolu Boyutları (11)

Yaş (Yıl)	Trakea Uzunluğu(cm)	Trakea Çapı (mm)
<0.5	5.9	3.5
0.5–1	7.2	3.7
1–2	7.5	3.9
2–4	8.0	4.9
4–6	8.6	5.3
6–8	9.5	6.1
8–10	10.0	6.5
10–12	11.5	6.8
12–14	13.5	7.5
14–16	14.5	8.8

4.3. Endotrakeal Entübasyon

4.3.1. Tanım ve Tarihçe

Endotrakeal entübasyon, güvenli bir solunum yolu sağlamak veya solunumu kontrol etmek amacı ile trakea içine bir tüp yerleştirilmesidir. Genel anestezi uygulamalarının büyük bir kısmında rutin olarak kullanılan endotrakeal entübasyonun geçmişi, genel anestezinin kendisinden daha eskidir. Orotrakeal entübasyonu ilk tanımlayan kişinin İbni Sina (980-1037) olduğu söylenmektedir. (17) Entübasyon ilk kez 1543'te Vesalius tarafından hayvanda, 1792'de Curry tarafından insanda taktil yöntemle gerçekleştirilmiştir. Endotrakeal entübasyon 18. yüzyıl sonlarında suda boğulanların resüsitasyonunda kullanılmaktaydı. 1878'de ilk kez anestezi uygulamak amacıyla uyanık bir hasta Glasgow'lu bir cerrah olan William MacEwan tarafından parmaklarını kılavuz olarak kullanma yöntemi ile entübe edilmiştir. Laringoskop yardımı ile entübasyon ise ilk kez 1895'te Kirstein ve anestezi vermek amacı ile de 1920'de Magill tarafından uygulanmıştır. (18, 19)

Laringoskopinin gelişmesi ve entübasyona yardımcı olarak kullanılması ile entübasyon yaygınlaşmıştır. Entübasyon işlemi havayolunun açık tutulması, havayolu güvenliğinin sağlanması, aspirasyonun engellenmesi, solunum mekaniklerinin kontrol edilmesi; solunum çabasının sona erdirilmesi, anestezistin ve ventilatörün cerrahi sahadan uzaklaşması ile cerrahi rahatlık sağlaması ve ölü boşluğun azaltılması gibi faydalar sağlarken, işlemin zaman alması,

özel beceri gerektirmesi, derin anestezi ihtiyacı ve komplikasyonlara neden olabilmesi gibi sakıncalar taşır. (17)

Endotrakeal entübasyon, birçok tıbbi uzman tarafından gerçekleştirilen temel bir beceridir. Direkt veya videolaringoskop kullanarak vokal kordlarındoğrudan görüntülenmesi, krikotiroidotomi yoluyla endotrakeal tüpün doğrudan trakeaya yerleştirilmesi ve nazal veya oral yoldan fiberoptik görüntüleme gibi çeşitli entübasyon teknikleri mevcuttur. (20)

4.3.2. Endotrakeal Entübasyon Endikasyonları

- Akciğer izolasyonu gerektiren hastalar
- Kritik derecede hasta olan hastalar
- Aspirasyona açısından yüksek risk taşıyan hastalar
- Önemli akciğer anormallikleri olan hastalar (örneğin, düşük akciğer kompliyansı, yüksek hava yolu direnci)
- Zor hava yolu öngörüsü
- Uzun süren cerrahi işlemler
- Postoperatif ventilasyon desteğine ihtiyaç duyabilecek hastalar
- Supraglottik airway (SGA) yerleştirmenin başarısız olduğu hastalar
- SGA'nın cerrahi erişimi engelleyeceği otorinolarengolojik cerrahiler
- Nöromüsküler bloke edici ilaç (NMBD) kullanımını gerektiren cerrahiler (8)**.**

4.3.3. Laringoskoplar

Çocuklar için mevcut olan çeşitli direkt laringoskop ve bıçakları vardır. Ancak, çocuklarda rutin anestezi için yalnızca iki tanesi sıklıkla tercih edilir: Yenidoğanlar ve bebekler için düz Miller bıçak (blade), çocuklar için açılı Mac bıçak..

4.3.3.1. Miller Bıçak

Miller bıçak, yenidoğanlar ve yaklaşık 18 aya kadar olan bebekler için kullanılan düz laringoskop bıçaklarıdır. Yenidoğanların küçük ağız yapısı, proksimal ve anterior yerleşimli larinks seviyesi ve gevşek epiglottisi nedeniyle en sık kullanılan bıçak tipidir. . En yaygın kullanılan boyutu 0 ve 1 numaradır, ancak yaklaşık 1 kg'dan daha hafif yenidoğanlar için 00 numara daha uygundur.

Miller bıçağın klasik kullanım tekniği epiglottu direkt kaldırmaktır, ancak epiglotu dolaylı olarak kaldırmak genellikle yeterlidir. Gerekirse görüşü iyileştirmek için larinks üzerine dışarıdan baskı uygulanabilir. Bu teknik bizzat Miller tarafından tanımlanmıştır ve laringoskopi sırasında daha az uyarılmaya neden olma avantajına sahiptir. (21)

4.3.3.2. Macintosh Bıçak

Macintosh bıçak büyük bebekler de dahil olmak üzere tüm yaş gruplarındaki çocuklar ve erişkinler için uygundur. Macintosh bıçağın küçük çocuklarda yalnızca ince, distal kısmı ağızda olacak şekilde yerleştirilir, böylece entübasyon için yeterli alan kalır.

Küçük Macintosh bıçak mevcuttur, ancak bunlar yetişkinde kullanılanların yalnızca ölçeklenmiş versiyonlarıdır ve oranları uygun şekilde ayarlanmamıştır. Eğer bu küçük boyut bıçak entübasyon için kullanılırsa:

- Kalın kısmı ağız içinde daha fazla yer kaplar.
- Belirgin eğimi, doğrudan görüş hattını elde etmek için daha fazla ağız açıklığı ve güç gerektirir.

1 numara Macintosh bıçak; Miller bıçak ile kıyaslandığında 3 aylık kadar küçük bebeklerde eşdeğer bir görüş sağladığı gösterilmiştir. Mac bıçak, kullanım kolaylığı nedeniyle cazip gelse de yenidoğanlarda Miller bıçak glottisi görüntülemede daha avantajlıdır ve tercih edilmelidir.Bu yüzden yenidoğan ve infantlarda Miller bıçakla ile deneyim kazanmak gerekmektedir. (21)

4.3.3.3. Videolaringoskoplar

Günümüzde yenidoğanlar ve bebeklerin entübasyonu için Miller veya Mac bıçağına sahip bir videolaringoskopların kullanılması makul görünmektedir. Rutin hava yolu yönetimindeki rolleri giderek artmaktadır. Bu sayede:

- En iyi ve kolay görüş elde edilir.
- Direkt laringoskopi kullanırken zaman zaman karşılaşılan zorlu entübasyon durumları önlenmiş olur. (21)

4.3.4. Entübasyon Tüpleri

Modern standart bir ETT; kaflı, plastik, tek kullanımlık bir tüptür ve burun veya ağız yoluyla yerleştirilerek distal ucu trakeanın ortasında konumlanacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tüp, akciğerlerin ventilasyonunu devam ettirmek için havayolunun açık kalmasını sağlar. Özel durumlar için çeşitli ETT'ler mevcuttur, ancak birçok türde ortak olan bazı özellikler bulunur. Bunlar arasında, tüpün proksimal ucunun farklı ventilasyon devrelerine ve cihazlarına bağlanmasını sağlayan 15 mm'lik bir ajutaj, yüksek hacimli, düşük basınçlı bir kaf, vokal kordlardan geçişi kolaylaştıran eğimli uç ve tüpün distalinde yan duvarında bulunan, lümenin yumuşak doku veya sekresyonlarla tıkanması halinde ek bir ventilasyon yolu sağlayan Murphy gözü yer alır.

Trakeal entübasyon için çoğu hastada rutin olarak kaflı ETT'ler kullanılırken, yenidoğan ve bebeklerde genellikle kafsız ETT'ler tercih edilir. Yüksek hacimli, düşük basınçlı kaf, hava ile şişirilerek akciğerler pulmoner aspirasyondan korunurken, tidal volümün üst hava yoluna kaçması önlenerek akciğerlerin etkin şekilde ventilasyonu sağlanır. Kafın şişirilmesi ve basıncının değerlendirilmesi için tek yönlü valf içeren bir pilot balon bulunur. Pozitif basınçlı inspirasyon sırasında hava kaçağı olmadığında en düşük hacimde şişirilmesi önerilir ve kaf basıncı 25 cm H_2 O'nun altında olmalıdır. Kaf basıncının yüksek olması trakeal mukozada hasar ve ödeme, boğaz ağrısına ve tekrarlayan laringeal sinir felci nedeniyle vokal kord disfonksiyonuna neden olabilir. Bu nedenle kaf basıncı bir basınç ölçer ile izlenmelidr.

ETT boyutu genellikle iç çapına göre tanımlanır ve iç çap ile dış çap arasındaki ilişki üreticilere ve tasarım farkına göre değişebilir. Uygun tüp boyutu, hastanın cinsiyetine,entübasyon sebebine ve hava yolu patolojileri gibi hasta spesifik faktörlere bağlıdır. ETT çapının küçük olması hava yolu direncini ve solunum iş yükünü arttırmasının dışında terapötik fiberoptik bronkoskopiyi zorlaştırabilir. Daha büyük çapa sahip tüpler ise larengeal veya trakeal mukozal travma ile ilişkili olabilir ve ekstübasyon sonrası boğaz ağrısı sıklığını artırabilir. Genel anestezi amacıyla entübe edilen hastalarda küçük boyutta bir tüp tercih edilebilirken, solunum yetmezliği nedeniyle orta-uzun vadede entübe kalacak hastalarda daha büyük boyut bir tüp kullanılabilir. Tipik olarak kadın hastalar için 7 mm, erkek hastalar için ise 7.5 veya 8 mm ETT kullanılır. (8) Çocuk hastalarda ise ağırlık ve yaşlarına göre 2 mm'den başlayan kaflı ve kafsız ETT'ler mevcuttur ve yarım numara ile büyürler.

4.3.4.1. ETT'nin Yerleşim Derinliği

Entübasyon sonrasında ETT'nin derinliği; ne kazara ekstübasyona sebep olacak kadar proksimalde ne de endobronşiyal entübasyona sebep olacak kadar distalde olmalıdır. Tüplerin üzerinde uç kısmından sonra belli aralıklarla mesafeyi cm cinsinden gösteren işaretler mevcuttur. Microcuff tüpler, daha anatomik bir yapıya sahip olup doğru işaretlemeler içerir. Kaflı tüpler kullanıldığında, kafın krikoid kıkırdağın altında olması gerekir.

Tüpün yerleştirme derinliği için birçok formül bulunmaktadır (tüp ucu-dudak kenarı mesafe). Örneğin;

- Kaflı tüpler için; Ağız kenarı (cm) = Kaflı tüp iç çapı (mm) × 3

- Kaflı veya kafsız oral tüpler için bir diğer formül; Ağız kenarı (cm) = Yaş / 2 + 12 formülü mevcuttur. (21)

Bu çalışmada kullanılan diğer formüller ise

- Orta parmak uzunluğuna bağlı derinlik formülü: (*Orta parmak uzunluğu (cm) × 3). (22)*
- Yaşa bağlı derinlik formülü: (*(Yaş / 2)+ 12)). (23)*
- Ağırlığa bağlı derinlik formülü: *((Ağırlık / 2) + 8). (24)*

- Boy uzunluğuna bağlı derinlik formülü: *((Boy uzunluğu (cm) × 0.1) + 5). (25)*

4.4. Fleksibl Fiberoptik Bronkoskopi (FOB)

Pediatrik fleksibl fiberoptik bronkoskopi (FOB); çok yönlü, etkili bir tanı ve tedavi aracıdır. İlk olarak 1968'de tanımlanmış ve pediatrik popülasyonda 10 yıl sonra uygulanmıştır. Günümüzde FOB, çeşitli akciğer ve hava yolu hastalıkları olan yenidoğanlar, bebekler ve çocukların tanı ve tedavi planının ayrılmaz bir parçasıdır. Avrupa Solunum Derneği ve Amerikan Toraks Derneği tarafından pediatrik FOB ile ilgili uluslararası öneriler yayınlanmış olup bu kılavuzlar; bronkoskopi endikasyonlarını, kullanılan ekipmanların bakımını, uygulama tekniklerini, sedasyon önerilerini ve hasta yönetimini içermektedir.

FOB, tanısal ve/veya terapötik amaçlarla gerçekleştirilebilir. Hava yolu anatomisinin özelliklerinin değerlendirilmesini, patolojik ve mikrobiyolojik inceleme için distal hava yollarından örneklerin alınmasını sağlar. Tanısal FOB endikasyonları arasında stridor, kalıcı veya tekrarlayan hırıltı, tekrarlayan pnömoni, yabancı cisim aspirasyonu şüphesi, kronik öksürük, hemoptizi ve pulmoner kanama, yapısal anomaliler veya endobronşiyal lezyon şüphesi, radyografik anormallikler, akciğer nakli ve obstrüktif uyku apnesi bulunmaktadır. Terapötik FOB endikasyonları arasında ise mukus tıkaçları veya kan pıhtıları nedeniyle hava yolu açıklığının sağlanması, alveoler dolum bozukluklarının tedavisi, kanamanın kontrol altına alınması, stenotik bir hava yolunun genişletilmesi ve elektif veya zor entübasyon yer almaktadır. (26)

5. GEREÇ ve YÖNTEM

5.1. Araştırma Planı

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'ndan etik onay (Karar no: İ10-612-22) alındıktan sonra 01.06. 2023 ve 30.07.2024 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Cebeci Çocuk Hastanesi Ameliyathaneleri'nde yapıldı.

Çalışmamıza ebeveynlerinden / yasal olarak kabul edilebilir temsilcilerinden yazılı bilgilendirilmiş onam alınmış 1-4 yaş aralığında olan, genel anestezi altında endotrakeal entübasyon gerektiren elektif operasyon planlanan, Amerikan Anestezistler Derneği'nin belirlediği ASA sınıflamasına göre fiziksel durumu I, II ve III olan çocuklar dahil edilmiştir.

1 yaştan küçük, 4 yaştan büyük, ASA IV-V grubunda yer alan, acil cerrahi işlem gerektiren, zor hava yolu hikayesi veya beklentisi olan, trakeobronşiyal anomalisi bulunan, vertebral kolon anomalisi bulunan, parmak anomalisi ve sendromik birlikteliği bulunan, nazal entübasyon gerektiren ve çalışmaya katılımına ebeveyn tarafından izin verilmeyen çocuklar çalışma dışı bırakıldı.

Çalışmaya katılan tüm çocukların yaş, boy, ağırlık ve 3.parmak boyu ölçülerek kayıt altına alındı. 3.parmak boyu sağ elin orta parmağının uç kısmı ile avuç içindeki kök kısmı arasını kapsayacak şekilde ölçüldü.

Oral yolla 0.25 mg/kg veya damaryolu var ise iv 0.05 mg/kg midazolam verilerek premedikasyon uygulanan çocuklar ebeveynleriyle birlikte ameliyathane odasına alındı. Ameliyathane masasına sırtüstü şekilde yatırılan çocuklar Amerikan Anestezistler Derneği'nin standart uygulamasına göre monitörize edildi. Çocuklara nötral baş pozisyonu verildi ve omuz altına omuz yastığı koyularak havayolu açık duruma getirildi. Damar yolu olmayan çocuklara maske kullanılarak sevofluran ile inhalasyon yoluyla indüksiyona başlanılıp damar yolu açıldı. Damar yolu olan ve inhalasyon yoluyla indüksiyon yapılarak damar yolu açılan çocuklara intravenöz yoldan 1mg/kg lidokain, 3 mg/kg propofol ve 0.6-1 mg/kg roküronyum uygulandı. İdame için sevofluran kullanıldı. Endotrakeal entübasyon için yeterli kas tonusu kaybı oluşana kadar balon maske ile ventilasyon sağlandı.

Hastalar (yaş/4) + 3.5 mm formülüyle hesaplanan uygun boyuttaki kaflı ETT kullanılarak direkt veya videolaringoskop yardımı ile entübe edildi. Tüp derinliğine başlangıçta; ETT iç çapı X 3 (cm) formülü ve bilateral solunum seslerinin oskültasyonla eşit olduğu teyit edilerek karar verildi ve ETT ağız kenarında tespit edildi. Anestezi idamesi için hasta yaşı ve ağırlığına uygun mekanik solunum desteği ve inhalasyon anesteziği ile sağlandı. FOB ile ölçüm yaparken hastanın ventilasyonuna da izin vermek amacıyla mouthpiece, ETT'e bağlandı.

Pediyatrik ince çaplı FOB, ETT içinden ilerletilerek:

- Ön kesici diş-vokal kord mesafesi ve
- Ön kesici diş- karina mesafesi ölçüldü.

Karinadan daha ileri bir noktaya gitmeden FOB, ETT içerisinden çıkartıldı. ETT' nin optimal lokasyon da olup olmadığına FOB yardımı ile karar verildi. Eğer trakeanın orta 1/3 kısmında değil ise ETT yeri revize edilerek tüp yeniden tespit edildi. Hastanın anestezi idamesi sağlanarak hasta operasyonun başlaması için cerrahi ekibe teslim edildi.

Fiberoptik bronkoskopi eşliğinde yapılan ölçümler sonucunda; ön kesici diş-karina mesafesi ile ön kesici diş-vokal kord arası mesafe farkı trakea boyutu olarak kaydedildi. Daha sonra ETT derinliğini hesaplamak için çalışmamızda seçilen 4 farklı formülle ETT derinlikleri hesaplandı. Formüllerden elde edilen sonuçlar değerlendirilirken;

- Ön kesici diş - vokal kord mesafesinden trakea üst 1/3 'üne kadar olan kısım proksimal entübasyon,
- Trakea orta 1/3 'üne kadar olan kısım optimum entübasyon ve
- Trakea alt 1/3'üne denk gelen kısım distal entübasyon olarak kabul edildi.

ETT'nin yerleşim derinliği, her bir çocukta 4 formül ile hesaplanan ölçümlerle karşılaştırıldı. Çocukların kayıtedilen yaş, boy, ağırlık ve 3. parmak boyu ile 4 formüle göre hesaplanan ETT derinliği; FOB ile yapılan değerlendirme ile ideal entübasyon derinliği (trakeanın orta 1/3 kısmı) ile kıyaslandı ve yapılan ölçümlere göre her formülün proksimal, optimum veya distal entübasyon lokasyonlardan hangisini önerdiği kayıt altına alındı.

- Orta parmak uzunluğuna bağlı derinlik formülü: (*Orta parmak uzunluğu (cm) × 3) (22)*

- Yaşa bağlı derinlik formülü: (*(Yaş / 2)+ 12)) (23)*

- Ağırlığa bağlı derinlik formülü : *((Ağırlık / 2) + 8) (24)*

- Boy uzunluğuna bağlı derinlik formülü: *((Boy uzunluğu (cm) × 0.1) + 5) (25)*

5.2. İstatiksel Analiz

Çalışmanın örneklem büyüklüğü hesabı; trakeal entübasyon derinliğini öngörücü olarak kullanılan formülizasyonlar arasındaki 0,36 (Cohen-w) büyüklüğündeki etkiyi 0,05 anlamlılık düzeyinde 0,85 güç ile saptamak için çalışmaya dahil edilmesi gereken 1-4 yaş arası çocuklarda minimum kişi sayısı 120 olarak planlandı. Örneklem büyüklüğü hesabı G*Power (versiyon 3.1.9.2) hesabı ile gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel analizler için SPSS 26.0 (Statiscal Package fort he Social Scienses) yazılım programı kullanıldı. Kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak gösterildi. Sayısal değişkenler, ortalama, standart sapma, medyan (ortanca), minimum ve maksimum değerler ile gösterildi Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi ve verilerin normal dağılıma sahip olmadığı tespit edildi. Bu sebeple, non-parametrik analiz yöntemleri kullanıldı. Ölçümlerin gruplar arası karşılaştırılmasında, MannWhitney-U testi ve Kruskal Wallis-H testi kullanıldı. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Ki-Kare testi ve Fisher Exact testi kullanıldı. Çalışma değişkenleri arasındaki ilişkinin incelenmesi için Spearman korelasyon analizinden faydalanıldı. İstatistik anlamlılık düzeyi olarak $p<0,05$ alındı.

6. BULGULAR

Çalışmaya toplam 120 çocuk dâhil edildi ve sonuçları analiz edildi. Çalışmaya dâhil edilen çocukların demografik verileri ve genel bilgileri Tablo 6.1'de gösterildi. Çocukların yaş ortalamalarının 2,18±1,05 yıl olduğu görüldü ve 39'u (%32,5) 1 yaşında, 38'i (%31,7) 2 yaşında, 25'i (%20,8) 3 yaşında ve 18'i (%15) 4 yaşındaydı. Çocuklardan 31'i (%25,8) kız, 89'u (%74,2) erkekti. Çocukların cinsiyet dağılımında yaşlara göre anlamlı fark yoktu ($p>0,05$). Boy ortalaması 87,78±10,79 cm, ağırlık ortalaması 12,64±3,16 kg ve 3. parmak uzunluk ortalamasının 4,37±0,37 cm olduğu belirlendi.

Çocukların yaşlarına göre, boy, ağırlık ve 3 parmak uzunluğunda istatistiksel olarak anlamlı fark vardı ($p<0,05$).

ASA I olan 66 (%55), ASA II olan 41 (%34,2) ve ASA III olan 13 (%10,8) çocuk vardı. Çocukların yaşlarına göre, ASA skorlarında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$).

39 (%32,5) çocukta 4 mm ETT,46 çocukta (%38,3) 4,5 mm ETT ve 35 çocukta (%29,2) 5 mm ETT kullanıldı.

Hava yolu ile ilgili ölçümlerin hepsi pediyatrik ince FOB ile yapıldı. FOB işlemi esnasında hiçbir çocukta desatürasyon, bronkospazm veya komplikasyon gözlenmedi.

Tablo 6.1. Genel Bilgiler ve Kullanılan ETT Boyutları

	1 Yaş (n=39)	**2 Yaş** (n=38)	**3 Yaş** (n=25)	**4 Yaş** (n=18)	**Toplam** (n=120)	**p[a]**
Boy (cm)	76,13±3,69 76 /70-82)	87,00±4,34 88 (76-95)	95,16±4,18 95 (87-105)	104,44±5,65 104 (95-114)	87,78±10,79 88 (70-114)	**0,001***
Ağırlık (kg)	10,06±1,22 10 (8-13)	12,30±1,81 12 (9-16)	14,18±2,15 14 (11-19)	16,80±3,98 16 (12-26)	12,64±3,16 12 (8-26	**0,001***
3.Parmak Uzunluğu (cm)	3,97±0,15 4 (3,7-4,3)	4,36±0,16 4,4 (3,9-4,6)	4,63±0,18 4,6 (4,3-5)	4,92±0,20 5 (4,6-5,5)	4,37±0,37 4,4 (3,7-5,5)	**0,001***
	Sayı (%)	**Sayı (%)**	**Sayı (%)**	**Sayı (%)**	**Sayı (%)**	**p[b]**
Cinsiyet						0,357
Kız	7 (17,9)	9 (23,7)	9 (36)	6 (33,3)	31 (25,8)	
Erkek	32 (82,1)	29 (76,3)	16 (64)	12 (66,7)	89 (74,2)	
ASA Skoru						0,340
ASA-I	24 (61,5)	21 (55,3)	13 (52,0)	8 (44,4)	66 (55)	
ASA-II	12 (10,8)	13 (34,2)	11 (44,0)	5 (27,8)	41 (34,2)	
ASA-III	3 (7,7)	4 (10,5)	1 (4,0)	5 (27,8)	13 (10,8)	
ETT No						**0,001***
No 4	38 (97,4)	1 (2,6)	0 (0)	0 (0)	39 (32,5)	
No 4,5	1 (2,6)	37 (97,4)	8 (32)	0 (0)	46 (38,3)	
No 5	0 (0)	0 (0)	17 (68)	18 (100)	35 (29,2)	

***p<0,05**; [a]Kruskal Wallis-H-testi ve [b]Ki-kare testi kullanıldı.
Ortalama±Standart Sapma ile Ortanca (Minimum-Maksimum) değerler raporlandı.

Boy, ağırlık, yaş ve orta parmak uzunluğu formüllerine göre önerilen entübasyon tüpü derinliğine yönelik bilgiler Tablo 6.2.'de gösterildi.

Boy formülüne göre, optimum entübasyon tüpü derinliği ortalamasının 1 yaşındaki çocuklarda 12,61±0,37 cm, 2 yaşındaki çocuklarda 13,70±0,43 cm, 3 yaşındaki çocuklarda 14,52±0,42 cm, 4 yaşındaki çocuklarda 15,44±0,56 cm olduğu görüldü.

Yaş formülüne göre, optimum entübasyon tüpü derinliği ortalamasının 1 yaşındaki çocuklarda 12,50±0,01 cm, 2 yaşındaki çocuklarda 13,00±0,01 cm, 3 yaşındaki çocuklarda 13,50±0,01 cm, 4 yaşındaki çocuklarda 14,00±0,01 cm olduğu görüldü.

Ağırlık formülüne göre, optimum entübasyon tüpü derinliği ortalamasının 1 yaşındaki çocuklarda 13,03±0,61 cm, 2 yaşındaki çocuklarda 14,15±0,91 cm, 3 yaşındaki çocuklarda 15,09±1,08 cm, 4 yaşındaki çocuklarda 16,40±1,99 cm olduğu görüldü.

3.parmak formülüne göre, optimum entübasyon tüpü derinliği ortalamasının 1 yaşındaki çocuklarda 11,92±0,44 cm, 2 yaşındaki çocuklarda 13,08±0,49 cm, 3 yaşındaki çocuklarda 13,88±0,54 cm, 4 yaşındaki çocuklarda 14,74±0,61cm olduğu görüldü. Formüllerin hesapladıkları ortalama derinlikler birbirleriyle kıyaslandığında anlamlı olduğu görüldü. (p:0,001)

Tablo 6.2. ETT Derinlik Formülleri ile Yaşlara Göre Optimum ETT derinliği mesafesi (cm)

	1 Yaş (n=39)	**2 Yaş** (n=38)	**3 Yaş** (n=25)	**4 Yaş** (n=18)	**Toplam** (n=120)	**p**
Boy Formülü	12,61±0,37 12,6 (12-13,2)	13,70±0,43 13,8 (12,6-14,5)	14,52±0,42 14,5 (13,7-15,5)	15,44±0,56 15,5 (14,5-16,4)	13,78±1,08 13,8 (12-16,4)	**0,001***
Yaş Formülü	12,50±0,01 12,5	13,00±0,01 13	13,50±0,01 13,5	14,00±0,01 14	13,09±0,53 13 (12,5-14)	**0,001***
Ağırlık Formülü	13,03±0,61 13 (12-14,5)	14,15±0,91 14 (12,5-16)	15,09±1,08 15 (13,5-17,5)	16,40±1,99 16 (14-21)	14,32±1,58 14 (12-21)	**0,001***
3.Parmak Uzunluğu Formülü	11,92±0,44 12 (11,1-12,9)	13,08±0,49 13,2 (11,7-13,8)	13,88±0,54 13,8 (12,9-15)	14,74±0,61 15 (13,8-16,5)	13,12±1,12 13,2 (11-16,5)	**0,001***

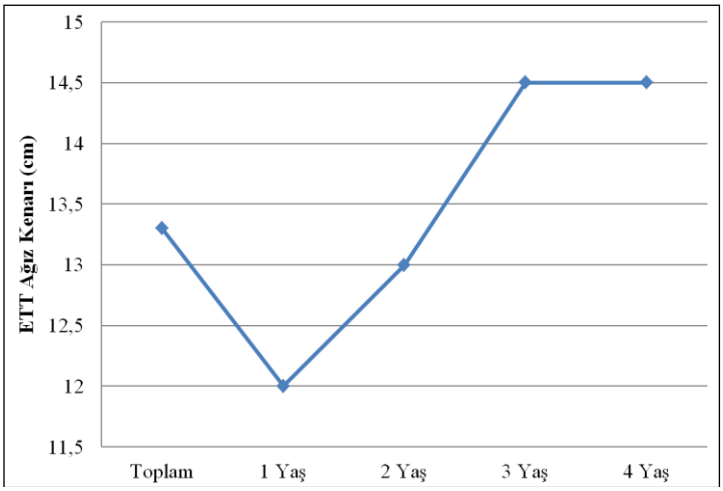
***p<0,05**; Kruskal Wallis-H-testi kullanıldı.
Ortalama±Standart Sapma ile Ortanca (Minimum-Maksimum) değerler raporlandı.

Fiberoptik bronkoskopi ile yapılan ölçüm sonuçları Tablo 6.3'te gösterildi. Yaşlara göre ortalama ön kesici diş-vokal kord mesafesi (cm), ortalama ön kesici diş-karina mesafesi (cm) ve ortalama trakea boyutu (cm) hesaplanarak Tablo 6.3'te gösterildi. Bu mesafeler ile yaş arasındaki ilişki Şekil 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4'te gösterilmiştir . Tüm bu mesafeler ile ETT derinliği arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır.

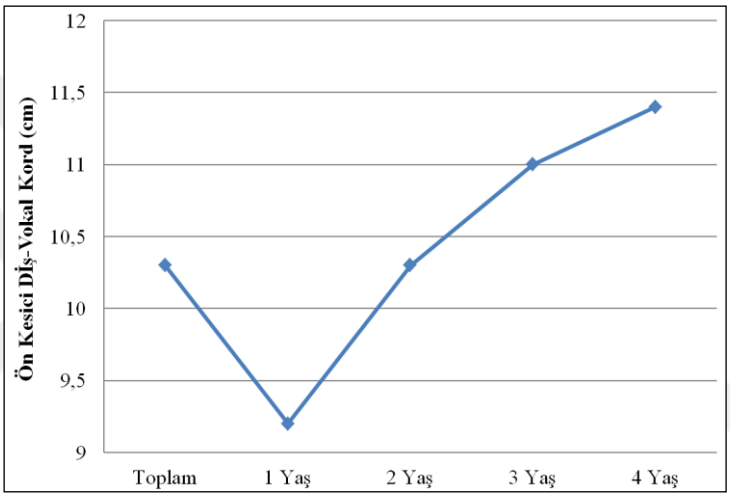
Tablo 6.3. FOB ile yapılan Ölçüm Sonuçları

	1 Yaş (n=39)	**2 Yaş** (n=38)	**3 Yaş** (n=25)	**4 Yaş** (n=18)	**Toplam** (n=120)	**p**
	Ort±SS M (Min-Maks)	Ort±SS M (Min-Maks)	Ort±SS M (Min-Maks)	Ort±SS M (Min-Maks)	Ort±SS M (Min-Maks)	
ETT Ağız Kenarı (cm)	12,35±0,54 12 (11-14)	13,36±0,51 13 (12,5-14,5)	14,50±0,69 14,5 (13,5-16)	14,58±0,77 14,5 (14-16,5)	13,45±1,09 13,3 (11-16,5)	**0,001***
Ön Kesici Diş-Vokal Kord (cm)	9,23±0,51 9,2 (8,4-10,5)	10,05±0,72 10,3 (8-11,3)	10,93±0,58 11 (9-12)	11,36±0,33 11,4 (11-12)	10,16±0,98 10,3 (8-12)	**0,001***
Ön Kesici Diş-Karina (cm)	15,67±0,73 15,6 (14,5-17,8)	17,02±0,85 17,2 (14,9-18,8)	18,46±0,77 18,5 (16-19,5)	19,21±0,48 19,2 (18,1-20)	17,21±1,51 17,2 (14,5-20)	**0,001***
Vokal Kord Karina-Trakea Uzunluğu (cm)	6,40±0,31 6,5 (6-7)	7,00±0,37 7 (6,5-7,6)	7,52±0,32 7,5 (7-8,1)	7,90±0,20 8 (7,5-8,2)	7,05±0,63 7 (6-8,2)	**0,001***

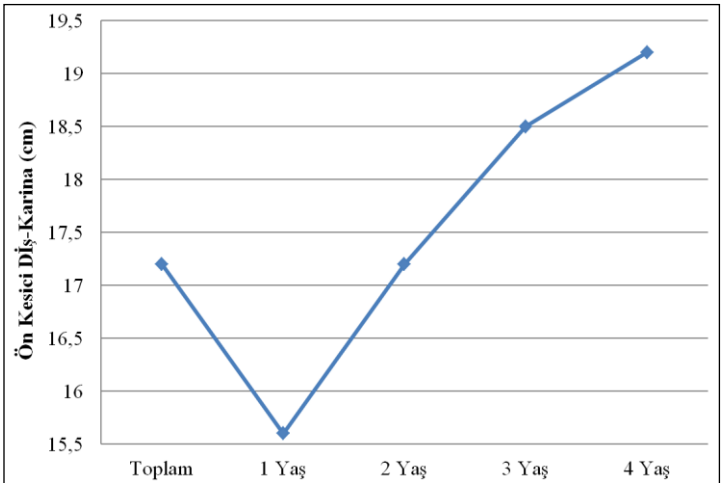
***p<0,05**; Kruskal Wallis-H-testi kullanıldı.
Ortalama±Standart Sapma ile Ortanca (Minimum-Maksimum) değerler raporlandı.
FOB: Fiberoptik bronkoskop



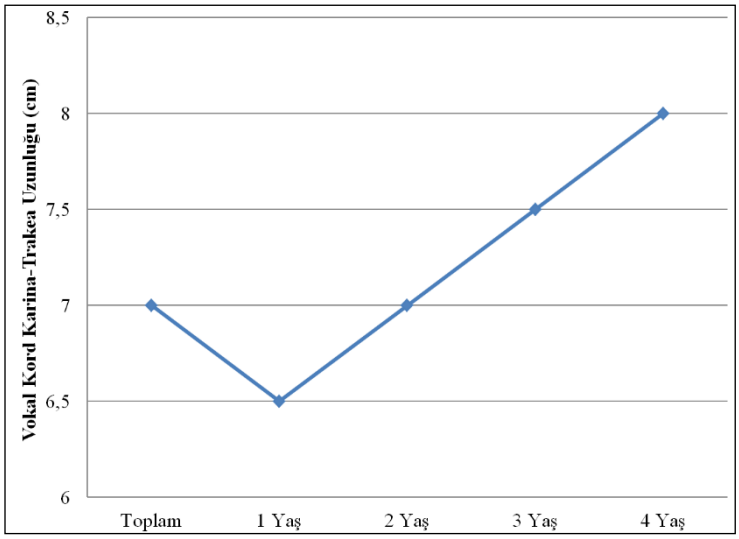
Şekil 6.1. Yaşa Göre ETT Ağız Kenarı



Şekil 6.2. Yaşa Göre Ön Kesici Diş-Vokal Kord



Şekil 6.3. Yaşa Göre Ön Kesici Diş-Karina



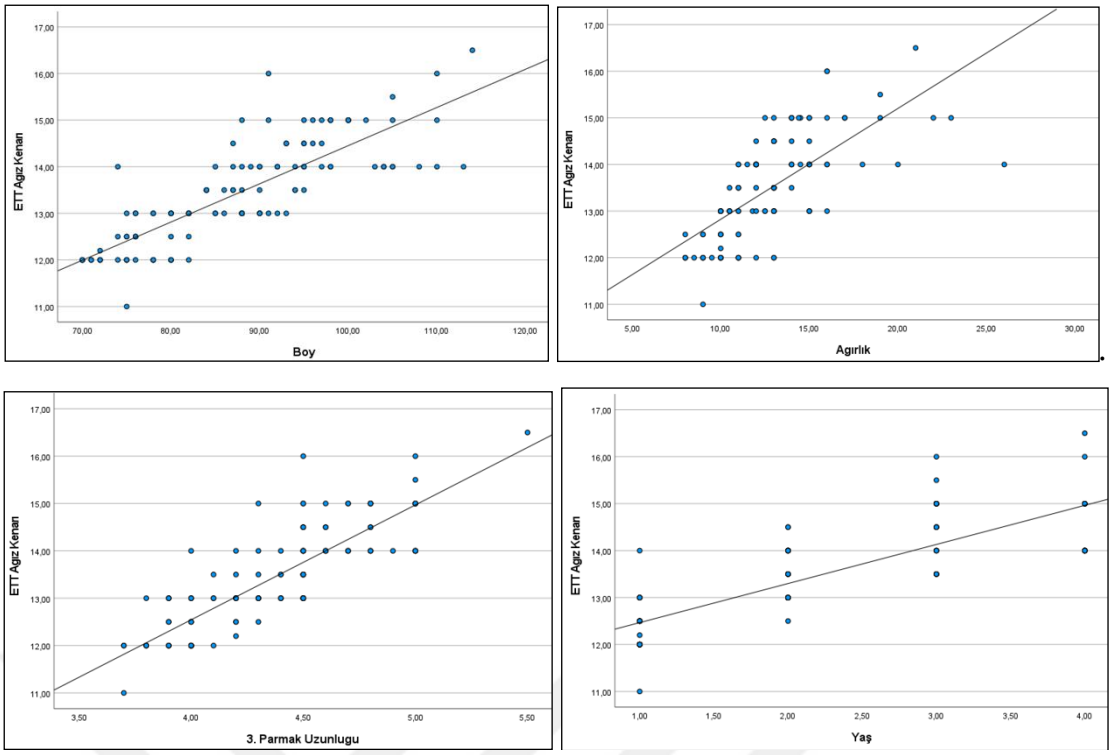
Şekil 6.4. Yaşa Göre Vokal Kord Karina- Trakea Uzunluğu

Yapılan ölçümler ile çocukların boyu, ağırlığı, 3. parmak uzunluğu ve yaş arasında pozitif yönlü ve yüksek düzeyde ilişki tespit edildi. Üçüncü (orta) parmak uzunluğu ile trakea uzunluğu ile en fazla korelasyonu göstermiştir (r:0.876). (p>0,05) (Tablo 6.4.) (Şekil 6.5 - 8).

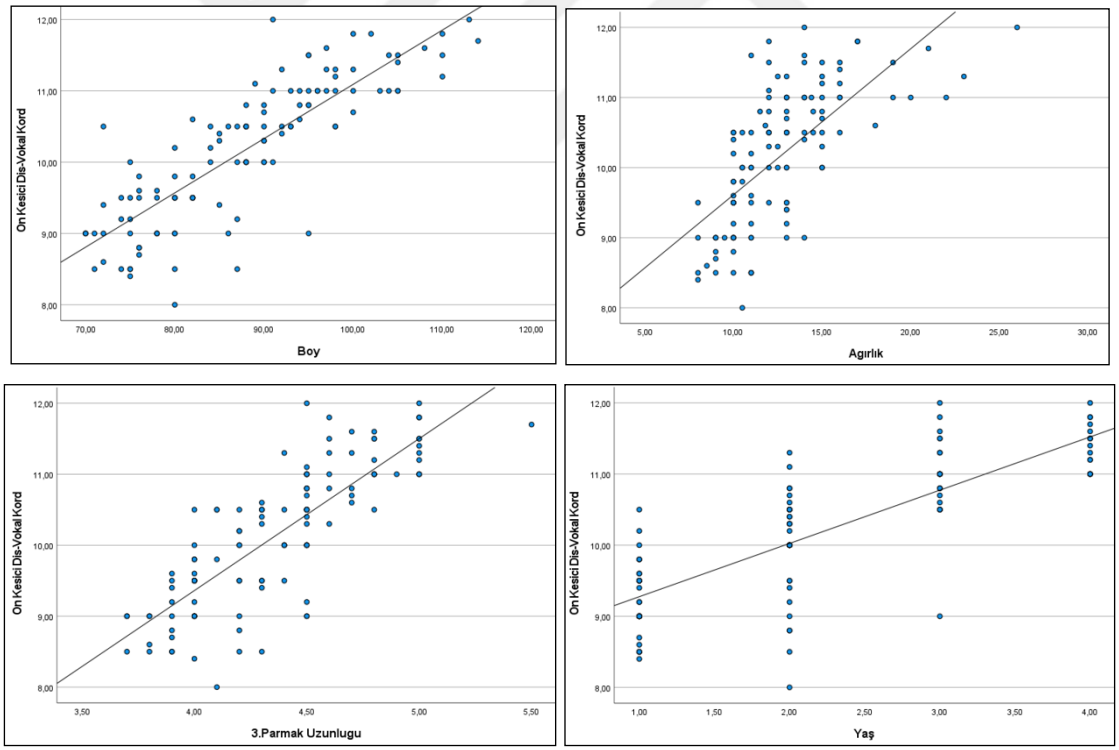
Tablo 6.4. Çocukların Genel Bilgileri ile Ölçümler Arasındaki İlişki

	Boy (cm)		**Ağırlık** (kg)		**3.Parmak Uzunluğu** (cm)	
	r	p	R	p	r	p
ETT Ağız Kenarı (cm)						
Toplam	0,845	**0,001***	0,757	**0,001***	0,845	**0,001***
1 Yaş	0,377	**0,001***	0,193	0,238	0,360	**0,025***
2 Yaş	0,253	0,126	0,257	0,119	0,376	**0,020***
3 Yaş	0,386	0,056	0,606	**0,001***	0,335	0,102
4 Yaş	0,125	0,622	0,346	0,160	0,485	**0,042***
Ön Kesici Diş- Vokal Kord (cm)						
Toplam	0,860	**0,001***	0,725	**0,001***	0,835	**0,001***
1 Yaş	0,364	**0,001***	0,377	**0,018***	0,454	**0,004***
2 Yaş	0,551	**0,001***	0,257	0,119	0,282	0,086
3 Yaş	0,291	0,158	0,111	0,596	0,412	**0,041***
4 Yaş	0,463	0,053	0,091	0,720	0,315	0,203
Ön Kesici Diş- Karina (cm)						
Toplam	0,892	**0,001***	0,744	**0,001***	0,895	**0,001***
1 Yaş	0,534	**0,001***	0,371	**0,020***	0,593	**0,001***
2 Yaş	0,485	**0,002***	0,258	0,118	0,472	**0,003***
3 Yaş	0,494	**0,012***	0,212	0,310	0,615	**0,001***
4 Yaş	0,595	**0,009***	0,394	0,105	0,601	**0,008***
Vokal Kord Karina- Trakea Uzunluğu (cm)						
Toplam	0,852	**0,001***	0,696	**0,001***	0,876	**0,001***
1 Yaş	0,507	**0,001***	0,068	0,682	0,469	**0,003***
2 Yaş	-0,048	0,777	0,030	0,859	0,274	0,096
3 Yaş	0,591	**0,002***	0,193	0,355	0,649	**0,001***
4 Yaş	0,403	0,097	0,579	**0,012***	0,588	**0,010***

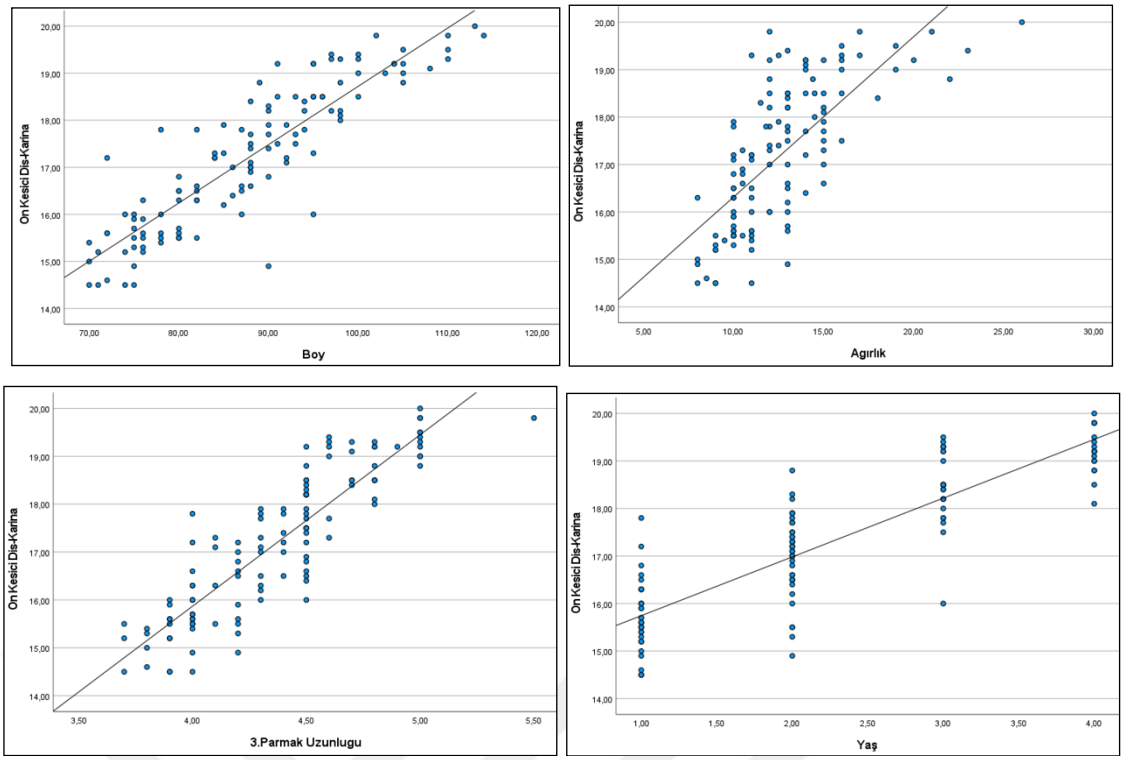
***p<0,05**; Spearman korelasyon analizi kullanıldı. r: Korelasyon katsayısı



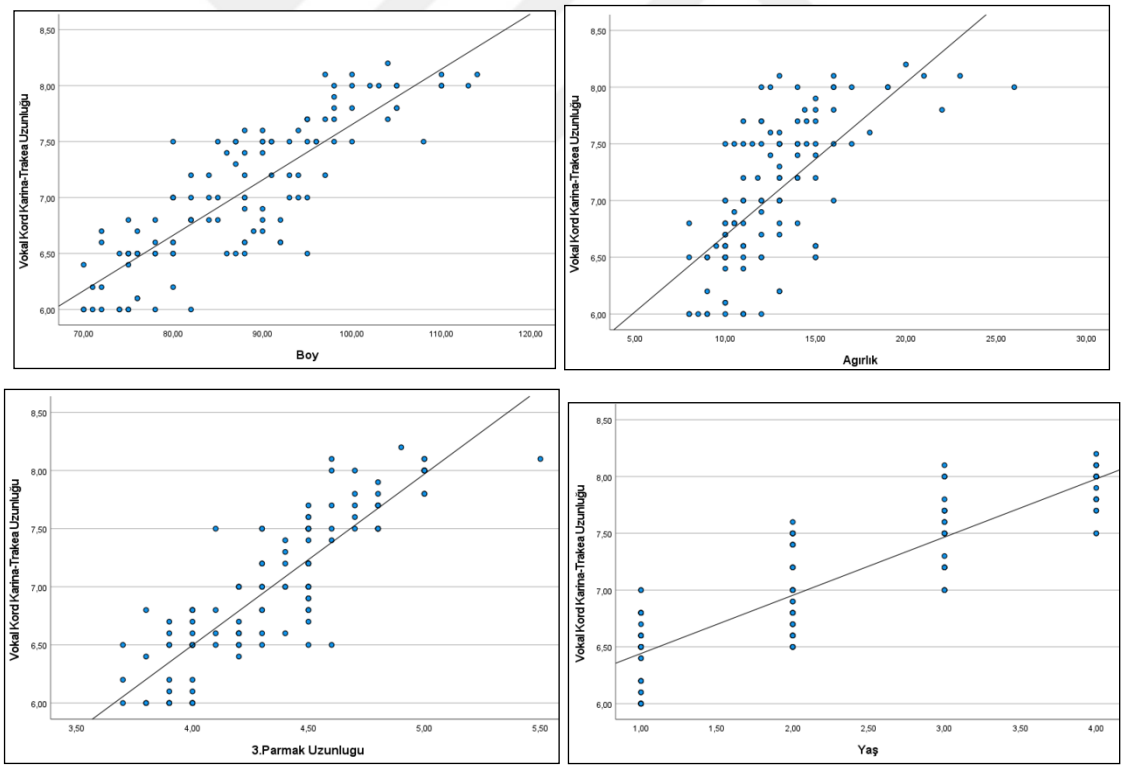
Şekil 6.5. ETT Ağız Kenarı ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki



Şekil 6. 6. Ön Kesici Diş-Vokal Kord ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki



Şekil 6. 7. Ön Kesici Diş-Karina ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki



Şekil 6.8. Vokal Kord Karina-Trakea Uzunluğu ile Boy, Ağırlık, 3. Parmak Uzunluğu ve Yaş Arasındaki İlişki

Tüp iç çapı x 3 (cm) formülü ile hesaplanan ETT derinliği; ağırlık formülü ile hesaplanan ETT derinliği sonuçları arasındaki fark, istatistiksel olarak anlamlı idi ($p<0,05$). Tüp iç çapı x

3 formülü ile diğer formüller ile hesaplanan ETT derinlik sonuçları benzerdi (p>0,05) (Tablo 6. 5).

Tablo 6.5. Optimum Entübasyon Tüpü Derinliği Formül Sonuçları

Formüller	Ortalama±Standart Sapma	Ortanca (Minimum-Maksimum)	**Benferroni Testi (p)**
Boy	13,78±1,08	13,8 (12-16,4)	0,102
Yaş	13,09±0,53	13 (12,5-14)	0,246
Ağırlık	14,32±1,58	14 (12-21)	**0,001***
3.Parmak Uzunluğu	13,12±1,12	13,2 (11-16,5)	0,311
Tüp İç Çap	13,45±1,18	13,5 (12-15)	

***p<0,05**; Kruskal Wallis-H-testi ve Benferroni Testi kullanıldı.

Entübasyon tüpü derinliğinin yerleşiminin FOB ile yapılan ölçümler sonucunda trakeanın orta 1/3'ünde (optimum, doğru lokasyon) olup olmadığına dair bilgiler Tablo 6.6'da gösterildi. Trakeanın üst 1/3 veya trakeanın orta 1/3'üne mi rastladığının değerlendirilmesinde, çocukların yaşlarına göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardı (p<0,05). Trakea alt 1/3'teki doğrulamada ise, yaşlara göre anlamlı fark yoktu (p>0,05).

Tablo 6.6. Entübasyon Tüpü Derinlik Yerleşiminin Doğruluğu

		1 Yaş (n=39)	**2 Yaş** (n=38)	**3 Yaş** (n=25)	**4 Yaş** (n=18)	**Toplam** (n=120)	**p**
		Sayı (%)	Sayı (%)	Sayı (%)	Sayı (%)	Sayı (%)	
Trakea Üst 1/3	Boy	1 (2,6)	0 (0)	1 (4)	0 (0)	2 (1,7)	**0,001***
	Yaş	1 (2,6)	2 (5,3)	8 (32)	6 (33,3)	17 (14,2)	
	Ağırlık	0 (0)	0 (0)	1 (4)	0 (0)	1 (0,8)	
	3.Parmak	1 (2,6)	4 (10,5)	3 (12)	1 (5,6)	9 (7,5)	
	Tüp İç Çap	1 (2,6)	1 (2,6)	2 (8)	0 (0)	4 (3,3)	
Trakea Orta 1/3	Boy	38 (97,4)	37 (97,4)	23 (92)	18 (100)	116 (96,7)	**0,012***
	Yaş	38 (97,4)	36 (94,7)	17 (68)	12 (66,7)	103 (85,8)	
	Ağırlık	31 (79,5)	26 (68,4)	20 (80)	13 (72,2)	90 (75)	
	3.Parmak	38 (97,4)	34 (89,5)	22 (88)	17 (94,4)	111 (92,5)	
	Tüp İç Çap	38 (97,4)	34 (89,5)	22 (88)	18 (100)	112 (93,3)	
p		**0,002***	**0,001***	0,191	**0,002***	**0,001***	
Trakea Alt 1/3	Boy	0 (0)	1 (2,6)	1 (4)	0 (0)	2 (1,7)	0,478
	Yaş	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	Ağırlık	8 (20,5)	12 (31,6)	1 (4)	5 (27,8)	29 (24,2)	
	3.Parmak	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
	Tüp İç Çap	1 (2,6)	3 (7,9)	1 (4)	0 (0)	5 (4,2)	

***p<0,05**; Ki-Kare testi ve Fisher Exact testi kullanıldı.
***p<0,05**; Kruskal Wallis-H-testi kullanıldı.
Ortalama±Standart Sapma ile Ortanca (Minimum-Maksimum) değerler raporlandı.

Tablo 6.6 incelendiğinde; boy formülü 4 yaş çocuklarda %100 oranında optimum ETT derinliğini sağlarken, 1-4 yaş arası tüm çocuklarda %96.7 optimum oranında ETT derinliğini işaret etti. Yine diğer tüm ETT derinliği hesaplama formülleri ile FOB ölçümleri kıyaslandığında; % 96.7'lik optimum ETT derinliği oranıyla en fazla doğru yerleşim sağlayan

formül boy formülü oldu. % 1.7 proksimal ve %1.7 distal yerleşim oranıyla da en az yanlış yerleşim gösteren formül boy formülüdür.

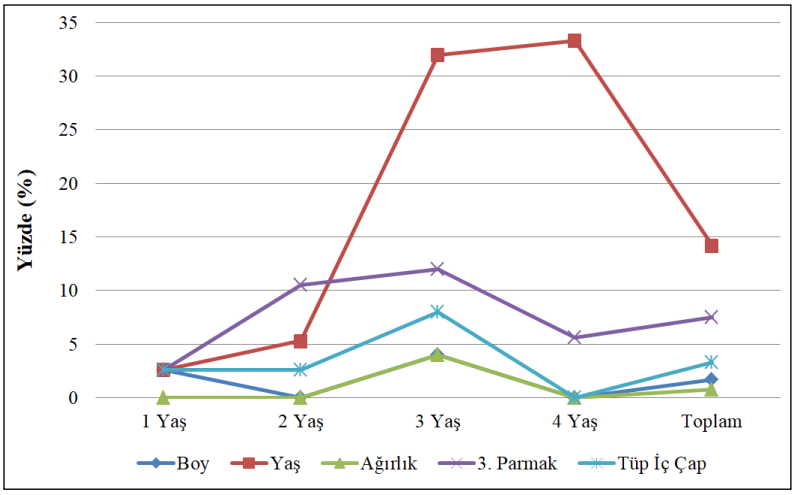
Yaş formülü; 1 yaş çocuklarda%97.4 , 2 yaş çocuklarda % 94 .7 oranı ile optimumu ETT derinliğini sağlarken 1-4 yaş arası tüm çocuklarda bu oran %85.8'dir. Yaş formülü aynı zamanda çalışmadaki tüm çocuklarda %14.2'lik oranla en fazla proksimal yerleşim gösteren formül olarak bulundu. (Şekil 6.9).

Ağırlık formülü; %75 oran ile optimum ETT derinliği doğrulaması yaparak en az doğru yerleşim yaptıran formül olarak görüldü. Ayrıca %24.2'lik bir oranla da en fazla distal yerleşime sebep olan formül olarak bulundu. Sadece 1 çocukta yerleşim yeri proksimalde kalacak şekilde hesaplandı (Şekil 6.9 – 11).

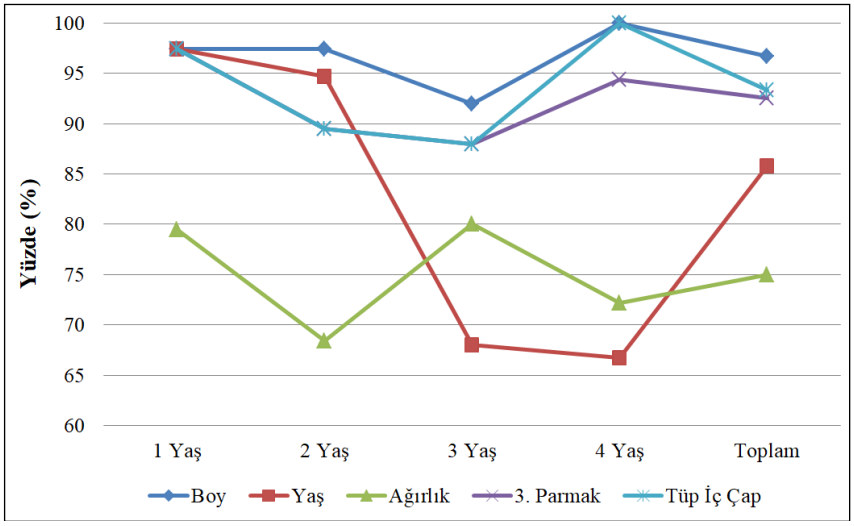
Orta (üçüncü) parmak formülü de; 1-4 yaş arası çocuklarda % 92.5'lik bir oranla optimal ETT yerleşim derinliğini hesapladı. 3. parmak ve yaş formülünün hiç distal entübasyon yaptırmadığı görüldü.

Rutinde pratik olarak en çok kullanılan tüp iç çapı x3 (cm) formülü ile hesaplanan ETT derinliği; yapılan FOB ile yapılan ölçümlerle kıyaslandığında %93.3 oranında optimum ETT derinliğini sağladığı görüldü.

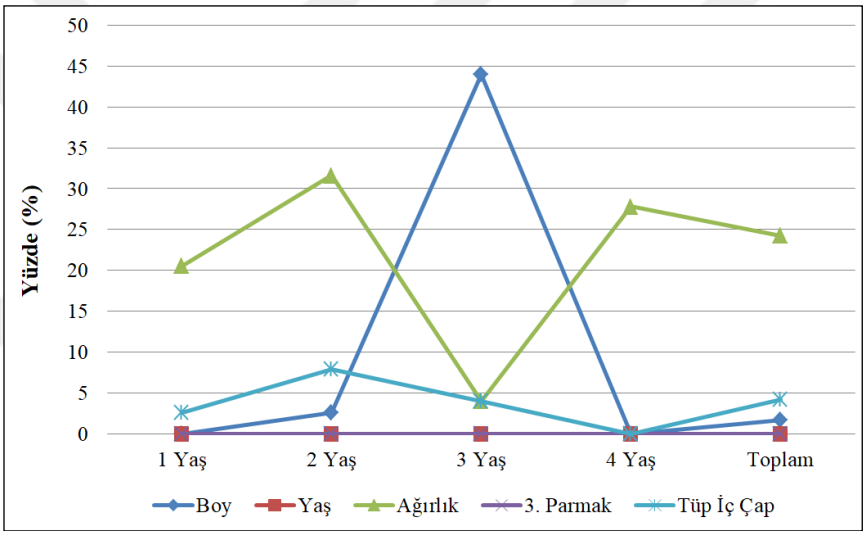
Bu çalışma kapsamında bakılan 4 ETT derinliği hesaplama formülü ve en sık kullanılan ve bu çalışmada da entübasyondan hemen sonra ETT derinliği ve tüp tespiti için tercih edilen tüp iç çapı x3 (cm) formülü karşılaştırıldığında; optimum ETT derinliğini göstermede doğruluk oranı %96. 7 ile en fazla uyumlu olan formülün boy formülü olduğu saptandı.



Şekil 6.9. Formüllerin proksimal entübasyon yaptırma yüzdeleri



Şekil 6.10. Formüllerin optimal entübasyon yaptırma yüzdeleri



Şekil 6.11. Formüllerin distal entübasyon yaptırma yüzdeleri

7. TARTIŞMA

Bu çalışmada, 1-4 yaş aralığındaki çocuklarda, orta (üçüncü) parmak uzunluğu, boy, yaş ve ağırlık gibi demografik parametrelere dayalı formüller ve ETT iç çapı formülünü kullanılarak elde edilen ETT derinliği ile FOB rehberliğinde belirlenen gerçek ETT yerleştirme derinliğini ile karşılaştırılmıştır. Optimum ETT derinliği (trakeanın 1/3 orta kısmı) tespiti için yapılan FOB ölçümleri ve 4 farklı formül ile hesapladığımız optimum ETT derinliğini yüksek oranda (boy formülü % 96,7, yaş formülü % 85,8, ağırlık formülü % 75, orta parmak uzunluk formülü %92,5) doğru ETT derinliği tahmini sağladığını ortaya koydu.

Orf ve ark.ları tarafından yapılan bir çalışmada, uzman olmayan ekipler tarafından entübe edilen çocuklar; kabul edildiği hastanelerde uzmanlar tarafından değerlendirildiğinde vakaların %33.3'ünde trakeal tüp yerleştirme derinliğinin doğru olmadığı ve değiştirildiği bildirilmiştir. (27) Boensch ve ark.ları (28), ETT' nin ucunun karinanın 0,5 cm veya daha fazla yukarısında olması gerektiğini belirtmiştir. Bloch ve ark.ları (29), bilateral akciğer seslerinin oskültasyonu yoluyla ETT'nin ideal yerleşimi değerlendirmesinin, 5 yaşından küçük çocuklarda karinanın 2 cm, 5 yaştan büyük çocuklarda ise 3 cm üzerinde olduğunu öne sürmüştür. Literatürde birçok çalışma optimum ETT derinliğinin trakeanın orta 1/3'lük olduğunu belirtmiştir. (30-33) Biz de çalışmamızda ideal ETT derinliğini literatürde belirtildiği gibi trakeanın orta 1/3 'lük bölümü olarak kabul ettik ve formül hesaplamalarımızın değerlendirmesini de bu derinliğe göre yaptık.

Ramlan ve ark.ları (34) 0-12 yaş arası Endonezyalı 100 çocuk hasta ile yaptıkları çalışmada; yaş, boy, vücut ağırlığı ve ETT iç çapı ile ETT derinliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Çalışmalarında 1-12 yaş arası grupta yaş ve ağırlık, ETT derinliği ile en güçlü korelasyona sahip değişkenler olarak belirlenmiştir. (34) Khan ve ark.ları da Hindistan'da , 1-4 yaş arası 50 çocuk ile kafsız ETT kullanarak yaptıkları çalışmada yaş , boy , ağırlık ve üçüncü parmak formülleri ile hesaplanan ETT derinliği ve gerçek ETT yerleştirme derinliği arasında pozitif bir korelasyon bulmuşlardır. (7) Biz çalışmamızda hava kaçağı olmaması veya ETT değişimi gereksimini azaltmak ve diğer avantajları nedeniyle kaflı ETT kullanmayı tercih ettik. Orange De ve ark.larının 8 yaş altı çocuklarda yaptığı sistematik bir incelemede, kaflı ve kafsız tüpler ekstübasyon sonrası stridor gelişimi, stridor gelişen hastada re-entübasyon ihtiyacı olması, stridor gelişen hastada epinefrin veya steroid tedavisi gerekmesi veya yoğun bakım ihtiyacı olması, uygun boyutta ETT için tekrarlayan entübasyon

girişimleri yapılması, yeterli tidal volüm oluşturulması açaısından değerlendilmiş ve kaflı tüp ile kafsız tüp arasında belirgin bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır. (35)

Phipps ve ark.ları (36) tarafından 12 yaşından küçük 226 çocuk üzerinde yapılan bir çalışmada ETT iç çapı (ETT x 3) formülünün doğruluğu göğüs radyografisi kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmada toplam 52 ETT' nin (%23) yanlış yerleştirildiği belirlenmiştir: 41'inin (%18) karina veya altında, 11'inin (%5) ise proksimalde olduğu bulunmuştur. Bu formüle göre ETT' ler 226 vakadan 170'inde (%75) doğru şekilde yerleştirilmiştir. Pek JH ve ark.ları tarafından retrospektif olarak yapılmış bir başka çalışmada da acil serviste entübe edilen 207 çocuğun ETT yerleştirme derinliği göğüs radyografisi ile değerlendirilmiş ve (ETT iç çapı x 3)formülünün % 76.5 doğruluk oranıyla trakea ortasına yerleştirdiğini bulmuşlardır. (25) Ancak Mariano ve ark.ları 7 yaşından küçük 60 çocukta yaptığı çalışmada %42 gibi düşük bir doğruluk bildirmiştir. (37) Mariano ve ark.ları tüp iç çapı formülünün doğruluğunu, bilinçli endobronşiyal entübasyon yapıldıktan sonra trakeal tüpün 2 cm çekilmesiyle ölçülen derinliğe göre kıyaslama yaptıkları için çalışmanın güvenilirliği tartışmalıdır. Biz çalışmamızda hem yaygın kullanıldığı ve hesaplamasının kolay olması sebebi ile çocukları entübe ederken ETT derinliği hesaplamada (tüp iç çapı x3 cm) formülünü kullandık. FOB ile yaptığımız ölçümlerde 120 çocuğun 4'ünde ETT'nin proksimal, 5'inde ETT 'nin distal yerleşimde olduğunu saptadık ve tüp yerini bu hastalarda FOB rehberliğinde yeniledik. Bizim çalışmamızda tüp iç çapı formülü %93.3 lük bir oranla trakeanın orta 1/3'lük kısmını (ideal, optimum, doğru) tahmin etti.

Pediyatrik ileri yaşam desteği (PALS) kılavuzunda; ETT derinliği hesaplanmasında 1 yaşından büyük çocuklar için (yaş /2 + 12), 1 yaş altı çocuklar için (ağırlık /2 + 8) formülü önerilmektedir. (38) Yaş dayalı PALS yöntemi, Cole formülü olarak da adlandırılmaktadır. Pek JH ve ark.ları tarafından retrospektif olarak yapılmış çalışmada (yaş/2 + 12) formülü değerlendirilmeye alınmış ve doğruluk oranı % 67. 9 bulunmuştur. Neunhoeffer ve ark.ları (2), ETT derinliğinin PALS tahminine göre 1 cm daha uzun olduğunu, Pak ve ark.ları (39) ise Koreli çocuklarda ETT derinliğinin 1 cm daha kısa olduğunu bildirmiştir. Weiss ve ark.ları (40), 100 Alman çocuk hastanın ETT derinliğini PALS yöntemi ile değerlendikleri çalışmada ; iki yaş ve üzerindeki çocuklarda Cole formülünün yedi hastada ETT kafının karinanın proksimalinde kaldığı , bir hastada ETT ucunun karinanın distalinde olduğunu ve dokuz hastada da ETT ucunun aşırı boyun fleksiyonu sırasında endobronşial entübasyon riskine sebep olacak kadar distale yer değiştirdiğini gözlemlemişlerdir. Lau ve ark.ları (24), çocuk yoğun bakım ünitesinde takip edilen ve orotrakeal yolla entübe olan 15 yaş altındaki 137 çocuk hastanın

trakea uzunluğu ve ideal ETT derinliğini göğüs röntgeni yardımıyla retrospektif olarak incelemişlerdir. PALS önerisi olan yaş bazlı formülün (yaş /2+12 cm) ideal tüp derinliğini belirlemede 1 cm eksik kaldığını ve formülün (yaş /2 + 13 cm) olarak revize edilmesi önermişlerdir. Bizim çalışmamız yaş formülünün 1-4 yaş arası çocuklarda % 85,8 oranıyla optimal ETT yerleşim yerini gösterdiğini saptamıştır. Bir çok çalışmaya oranla yüksek bir oranda pozitiflik vermiş olması küçük ve dar dağılımlı bir yaş grubu üzerinde inceleme yapmış olmamıza ve Türk çocuklarının yaşlarıyla orantılı bir gelişim göstermiş olmasına bağlı olabilir.

Shim ve ark.larının (41) Kore 'de 7 yaşından küçük 834 çocuğun dahil edildiği, ideal tüp derinliğini tespit etmek amacıyla makine öğrenim modelleri üzerinde yaptıkları çalışmada yaş, boy ve tüp iç çapı formülleri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Çocuklarda boya dayalı formül %44,4 oranında, tüp çapına (ID) dayalı formül %58,5 oranında, yaşa dayalı formül de %66,9 oranında optimum ETT derinliğini tespit etmiştir. Formüller arasında en sık proksimal entübasyon oranı; yaş formülünde (%22,2) görülürken, en sık distal entübasyon oranı (%52) boy formülünde görülmüştür. Tüp iç çap formülü de %4 oranında proksimal entübasyona, %37,5 oranında distal entübasyona sebep olmuştur. (41) Bu çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızla oldukça farklı sonuçları olmasına rağmen yaş formülünün en fazla proksimal yerleşim yeri hesaplayan formül olması açısından benzerliği de vardır. Çalışmada kullandığımız tüm formüller Shim ve ark.larının (41) kullandıkları formüllerden daha yüksek oranda ideal ETT yerleşim derinliğini hesaplamıştır. Özellikle bizim çalışmamızda boy formülü %96,7 oranıyla en fazla doğru yerleşim yerini tespit etmiş iken bu çalışmada boy formülü en az doğru yerleşim yeri tespit eden formül olmuştur. Ayrıca bizim çalışmamızda boy formülü %1,7 oranında distal yerleşim gösterirken Koreli çocuklarda bu oran %52 ile oldukça farklıdır. Koreli çocukların daha kısa olmasının bu sonuca sebebiyet verdiğini düşünmekle beraber Kore' de yapılan çalışmanın daha geniş bir yaş aralığında ve daha çok çocuk hasta ile yapılması da sonuca etki etmiş olabilir.

Koshy ve ark.ları (42) kardiyak cerrahi geçiren ve 12 yaşından küçük 66 çocuk hasta ile yaptığı çalışmada göğüs röntgeni ile optimum ETT yeri belirlemenin yaş (PALS formülü) , boy (morgan ve steward formülü) ve tüp iç çapı formüllerine üstün bulmuştur. Yöntemler karşılaştırıldığında doğru lokasyona yerleşme oranı; en yüksek %98,5 ile göğüs röntgeni iken onu sırasıyla %72,7 ile yaş, %69,7 ile boy, %59,1 ile tüp iç çapı formülleri izlemiştir. Yaşa bağlı formül ile 9 çocukta proksimal 7 çocukta distal yerleşim gözlenmiştir. Çocuğun boyuna bağlı formülde 1 çocukta proksimal, 10 çocukta distal yerleşim gözlenmiştir. (42) Bizim çalışmamızda boy formülü %96,7, tüp iç çapı formülü de %93,3 oranı ile çalışmalarında

kullandıkları göğüs röntgeni ile doğrulama yöntemine benzer optimum ETT yerleşim yeri önerisi sunmuştur. Ayrıca bizim çalışmamızda boy formülü %1,7 oranında distal entübasyon yeri tespit ederken, yaş formülü hiç distal entübasyon yeri işaret etmemiştir. Bu çalışma kardiyak rahatsızlığı olan çocuklar üzerinde yapıldığı ve kardiyak rahatsızlıkların çocuk gelişimi üzerine olumsuz etkileri düşünüldüğünde boylarının ve trakealarının daha kısa olmasına bağlı distal yerleşimlere neden olmuş olabilir. Çocukların gelişimlerinin hastalıkları, genetik veya çevresel faktörler sebebiyle olumsuz etkilendiği durumlarda ETT ideal yerleşim yerini belirlemek amacıyla mevcut formüllerin revize edilerek araştırıldığı yeni çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

Ramlan ve ark.ları Endonezya 'da yaptıkları çalışmada Endonezyalı çocukların, 0–12 yaş aralığındaki her yaş grubunda Amerikalı çocuklardan daha kısa boya sahip ve dolayısıyla daha kısa trakeaya sahip olduğunu ve bu durumun da PALS tahmini ile hesaplanan ETT derinliğinin gerçekte olduğundan daha derin çıkmasına neden olabileceğini savunmuşlardır. PALS yönteminin, Endonezyalı 0–12 yaş arası çocuklarda ETT derinliğini tahmin etmek için doğru bir yöntem olmadığını, 0–24 ay arasındaki çocuklar için ETT iç çapına dayalı tahmin formüllerinin, 25 ay–12 yaş arası çocuklar için ise yaş ve kilo temelli tahmin formüllerinin kullanılması daha doğru olacağını öne sürmüşlerdir. Öte yandan, 25 ay–12 yaş grubunda, yaş ve ağırlık, ETT derinliği ile en güçlü korelasyona sahip değişkenler olarak belirlenmiştir. (34)

Logia ve ark.ları (43) Hindistan'da 2-10 yaş arası çocuklarda ETT'nin yerleştirme derinliğinin yaş, ağırlık ve boy ile ilişkisini değerlendirmişlerdir. Bulgular, ETT yerleştirme derinliği ile boy uzunluğu arasındaki ilişkinin en güçlü olduğunu, ardından ağırlık ve yaşın geldiğini göstermiştir. Bu çalışmada PALS formülü en az endobronşiyal yerleşime neden olan formül olmuştur. Çalışmada çocukların ortalama ağırlık ve boy değerlerinin batı ülkelerindeki referans değerlerle karşılaştırıldığında daha da düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden PALS formülünün Hindistanlı çocuklarda (yaş/2 +10 cm) olarak revize edilmesi önerilmiştir. (43)

Bizim çalışmamızda ise PALS formülü 1 yaş çocuklarda %97,4 oranı, 2 yaş çocuklarda %94 ,7 oranı ile optimumu ETT derinliğini tahmini sağlarken 1-4 yaş arası tüm çocuklarda bu oran %85,8'dir. Yaş formülü aynı zamanda çalışmadaki tüm çocuklarda %14,2'lik oranla en fazla proksimal yerleşim gösteren formül olarak bulunmuştur. Koreli ve Endonezyalı çocuklara göre Türk çocuklarda PALS formülü daha yüksek oranda doğruluk ETT derinliği göstermiştir. Türk çocuklarının yaşa göre standart boy ve ağırlık persentillerinin daha yüksek olması oranın

daha yüksek çıkmış olmasına sebep olabilir. Ancak birçok çalışmada bahsedildiği gibi bizim çalışmamızda yaş formülü ile proksimal entübasyon riski görülmüştür.

Zhang ve ark.ları (44) Çin 'de 4-12 yaş aralığında genel anestezi altında opere olacak 205 çocuk hastada trakea uzunluğunun; yaş, boy, ağırlık, cinsiyet , vücut kitle indeksi (BMI), orta parmak uzunluğu gibi etkenlerle ilişkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonuçları optimal ETT derinliği tespitinde en güçlü korelasyonu boy uzunluğu içeren formülün gösterdiğini ortaya koymuştur. Bunu sırasıyla yaş ve orta parmak uzunluğu takip etmiştir. Optimal ETT derinliğini tahmin etmek amacıyla, katılımcıların büyüme parametreleri kullanılarak basit doğrusal regresyon analizi yapılmış ve regresyon analizi sonuçlarına dayanarak, en yüksek tahmini veren boy uzunluğu ve orta parmak uzunluğunun kombinasyonu olmuştur. Buna dayanarak yeni bir formül ((0.06 × boy uzunluğu (cm)) + (0.89 × orta parmak uzunluğu (cm)) + 3.4) geliştirip PALS yöntemi ile kıyaslamışlardır. Yeni formül, PALS yöntemine göre daha yüksek doğruluk sağlamıştır ve çocuklarda optimal entübasyon derinliğinin boy ve orta parmak uzunluğu ile anlamlı şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir. (44) Ancak buldukları yeni formül PALS formülü ya da Morgan'ın boy formülü, orta parmak uzunluğu x3 formülü gibi hatırlaması kolay ve hesaplanması pratik bir formül değildir. Yine de boy ve orta parmak uzunluğunun optimum ETT derinliğini hesaplamada yüksek doğruluk sağladığını göstermesi açısından kıymetli olduğunu düşünmekteyiz.

Zhou ve ark.ları (22) 4-14 yaş aralığındaki 86 çocukta orta (üçüncü) parmak uzunluğu (x3) ve yaş bazlı (yaş/2 + 12) formülü kullanarak yapıkları çalışmada optimum ETT derinliğini hesaplamış ve yaşa dayalı formül kullanıldığında %66,28 olan ideal yerleşim oranının, orta parmak uzunluğu yöntemi ile %88,37'ye yükseldiğini tespit etmiştir ve orta parmak uzunluğu formülünde proksimal entübasyon oranı daha düşük saptanmıştır (%4.65'e karşı %32.56). Orta parmak uzunluğu ile optimal trakeal tüp derinliği arasındaki korelasyon katsayısı (0.883), yaş ile optimal trakeal tüp derinliği arasındaki korelasyon katsayısından (0.845) daha yüksek bulunmuştur Ancak daha küçük yaş grubundaki çocuklar, ince FOB olmaması sebebiyle çalışmaya dahil edilememiştir. (22) Khann ve ark.ları ise 1-4 yaş grubundaki çocuklarda orta parmak uzunluğu formülünü kullanarak ETT yerleştirme derinliği ile ilişkisini araştırmışlar ve orta parmak uzunluğu formülünün gerçek ETT derinliği ile iyi bir korelasyon gösterdiğini bulmuşlardır. Ancak, doğru yerleşim oranı çalışmaya katılan 50 çocuk arasında 29 çocukta (%58) sağlanmıştır. (7)

Bizim çalışmamızda orta (üçüncü) parmak formülü; tüm çocuklarda %92,5'lik bir oranla optimal ETT yerleşim derinliğini hesaplamıştır ve hiç trakea distalini mesafeye işaret etmemiştir. Orta parmak uzunluğu, pediatrik hastalarda kafsız trakeal tüp iç çapını belirlemek için de kullanılan bir yöntemdir ve acil durumlarda yaş ve ağırlığın bilinmediği durumlarda, ETT boyutunu ve derinliğini tahmin etmek için değerli bir seçenek olabilir.

Yine Lau ve ark. yaptıkları çalışma da ağırlık ile trakea boyutunun korele olduğunu tespit edip yaptıkları hesaplamalar ile 1 yaş altı çocuklar için (ağırlık/2 + 8 cm) formülünü önermişlerdir. (24) Khan ve ark.ları tarafından 1-4 yaşa arasındaki çocuklarda yapılan çalışmada da ağırlık formülü trakea boyutuyla pozitif korelasyon göstermesine rağmen sadece 13 çocukta ideal ETT derinliğini bulmuştur. %74 oranla distal entübasyona sebep olmuştur. (7)

Çalışmamız çocukların ağırlıkları ile trakea boyutu arasında pozitif bir korelasyon göstermiştir (r:0.696,p:0.001). Ağırlık formülü %75 lik optimum ETT derinliği doğrulaması yaparak diğer formüllere kıyasla daha az doğru yer tahmini yapmış olmasına rağmen diğer çalışmalar ile kıyaslandığında aslında doğruluk oranı yüksek bulunmuş, ayrıca %24.2'lik bir oranla da en fazla distal yerleşime sebep olan formül olarak saptanmıştır Diğer çalışmalarda da benzer şekilde proksimal yerleşimden çok distal yerleşime sebep olmuştur. Ancak ağırlık ile ilgili önerilen farklı formüller de mevcuttur. Biz çalışmamızda PALS tarafından 1 yaş altı çocuklara önerilen ağırlık/ 2+8 formülünü, 1-4 yaş arası çocuklarda inceledik. Belki başka ağırlık formüllerini kullansaydık yaş grubumuzla daha uyumlu sonuçlar elde edebilirdik.

Morgan ve Steward, 3-16 yaş aralığındaki genel anestezi altında opere olacak 50 çocuğun trakea uzunluğunu FOB ile ölçmüştür. Bu çalışmada trakeal uzunluk vücut ağırlığıyla en iyi şekilde korelasyon göstermiştir (0,908'lik bir korelasyon katsayısıyla). Trakeal uzunluk ve boy arasında da güçlü bir pozitif korelasyon gösterilmiştir (korelasyon katsayısı 0,881). Ölçtükleri uzunluklara göre yaş, ağırlık ve boy bazlı formüller üretmişlerdir ve boy formülünün *((Boy uzunluğu (cm) × 0.1) + 5)* en kolay ve en güvenilir denklem olduğunu öne sürmüşlerdir. (45)

Yamamoto ve Schindler (46), Japonya ve Almanya' da yürüttükleri iki merkezli ve iki aşamalı retrospektif çalışmada; kardiyovasküler cerrahi geçiren 760 çocuk hastanın göğüs röntgeni ile vokal kord-karina arası mesafesini ölçerek (trakea boyu) ideal ETT derinliğini hesaplamışlardır. Boy uzunluğu ile trakeal uzunluk arasındaki korelasyon değeri 0.961, vücut ağırlığı ile trakeal uzunluk arasındaki korelasyon değeri 0.883, yaş ile trakeal uzunluk arasındaki korelasyon değeri ise 0.889 bulunmuştur. En yüksek korelasyonun boy uzunluğu ile

olduğu görülmüştür. Almanya'daki kardiyak pediatrik hastalarda trakeal uzunluğun boy uzunluğunun yaklaşık %6 ile %10 arasında değiştiği, Japonya'daki kardiyak pediatrik hastalarda ise trakeal uzunluk boy uzunluğunun %7 ile %11 arasında değiştiği hesaplamışlardır. (46)

Volsko ve ark.ları (47) ilk aşaması retrospektif, ikinci aşaması prospektif olan iki aşamalı bir çalışma ile optimal ETT derinliğini hesaplamak için iki aşamalı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında herhangi bir sebepten dolayı entübe edilmiş 2000 pediyatrik hastanın göğüs röntgenlerini retrospektif olarak incelemişler ve optimum ETT derinliğinin en fazla boy ile olmak üzere, yaş ve ağırlık ile anlamlı bir anlamlı ilişkide olduğunu saptamışlardır. Boy uzunluğuna dayalı formülün ((boy (cm)x 0,1) + 5) belirlenen ideal derinlik ile en güçlü korelasyonu gösterdiği bulunmuştur ($r = 0.88$, $P < 0.05$). Bunun üzerine yaş, boy ve ağırlık değişkenlerini birlikte kullanıldığı ve sadece boy değişkeninin kullanıldığı iki formül üretmişlerdir. İki formülünde regresyon analizinin birbirine yakın olması ve boy formülünün daha sade ve basit olmasından kaynaklı, çalışmanın 2. aşamasında buldukları boy formülü ile 11 çocuğun dahil olduğu prospektif bir çalışma yapılmışlardır. Ancak ETT'in 4 hastada (%36,4) ideal derinliğe yerleşmediği görülmüştür. (47)

Hunyady ve ark.ları; 170 çocukla yaptıkları çalışmada Morgan formülünün ((boy x 0,1) + 5)) %90 'dan fazla bir oranda optimal trakeal derinliği sağladığını, hiç endobronşiyal entübasyon yaptırmadığını, sadece 14 hastada proksimal entübasyonla sonuçlandığını görmüşlerdir. (48)

Japonya'da 12 yaşından küçük 80 çocuk hastanın dahil edildiği bir çalışmada, optimum ETT derinliği için ideal bir formül bulunması amaçlanmıştır. ETT yerleşim derinliğinin sırasıyla boy, kilo ve yaş ile korele olduğunu bulmuşlardır. Kendi analizlerinden yola çıkarak 3 formül önermişlerdir: (boy (cm)/11 + 5,5), (kilo (kg)/3 + 9,5) veya (11 + 3/4 × yaş). (49). Ancak bu formüllerin ;((boy x 0,1) + 5)), (yaş / 2+12 cm) formülleri gibi akılda kalması hasta başında hesaplanması, hatırlanması kolay ve pratik değildir.

Santos ve ark.ları (50); Brezilya'da 1 ay - 2 yaş arasında yaşları değişen çocuk yoğun bakım ünitesinde takipli 30 çocuğun dahil edildiği çalışmada; ideal ETT derinliğini hesaplamak için boy uzunluğu formülü ((boy x 0,1) + 5)), ETT iç çapı formülü (ETT × 3) ve ağırlık formülünü (kg + 6) birbiri ile kıyaslamıştır. Boy uzunluğu formülü 13/30 (%43,3) çocukta göğüs röntgeni ile değerlendirildiğinde belirlenen ideal derinliğe en yakın sonucu vermiştir.

Ross ve ark.ları (51); 17 yaşından küçük 843 çocukla yaptıkları çalışmada ETT 'nin optimal yerleştirme derinliğinin hesaplanmasında boy formülünün ağırlık, yaş ve ETT boyutuna bağlı formüllere göre daha doğru sonuç verdiğini göstermişlerdir. Verilerini analiz ettiklerinde Morgan formülüne kıyasla boyu 8'e bölmenin en iyi sonucu verdiğini bulmuş ve (boy (cm)/8 + 3.4) formülünün daha güvenilir olduğunu savunmuşlardır.

Kemper ve ark.ları da 16 yaş altındaki 422 çocukta trakea uzunluğunun yaş ve boy ile yüksek oranda pozitif ilişkide olduğunu bulmuşlardır. (52)

Çalışmamızda çocukların trakea uzunluğu ile boyları arasında yüksek korelasyon bulunmuştur (r: 0.852, p: 0.01). Boya dayalı Morgan formülü 1-4 yaş arası tüm çocuklarda %96,7 oranında optimum ETT derinliğini göstermiştir. 4 yaşındaki çocuklarda ise bu oranın %100 olduğu görüldü. Yine diğer tüm formüller ile kıyaslandığında %96,7'lik optimum ETT derinliği oranıyla en fazla doğru yerleşim sağlayan formül olmuştur. %1,7 proksimal ve %1,7 distal yerleşim oranıyla da en az yanlış yerleşim gösteren formül; boy formülüdür. Morgan formülünün kullanıldığı diğer tüm çalışmalara bakıldığında en fazla doğruluk oranını Türk çocuklarda görüldüğünü bunun da Türk çocuklarının boy gelişimlerinin yaşlarına uygun bir şekilde olmasına bağlı olduğunu düşündürmüştür. Ayrıca çalışmamızın 1-4 yaş gibi küçük yaşlardaki çocukları kapsaması da Morgan formülünün en doğru ETT derinliği tespitinde etkili olmuş olabilir.

Tüm çalışmalar ve değişkenler incelendiğinde ideal tüp yerleşimi için standart tek bir formül olmadığını, çocuğun ağırlığı, boyu, yaşı, orta parmak uzunluğu, ırkı ve genel sağlık durumu gibi faktörler göz önünde bulundurularak o hasta için ideal olan formülü kullanmak gerektiğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızın kısıtlamaları; sadece 1-4 yaş grubundaki çocukların dahil edilmesi, hasta verilerinin sadece tek popülasyona ait olması ve sadece başın nötr pozisyonuna göre değerlendirilme yapılmış olmasıdır.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çocuk havayolu anatomisinin erişkinden farklı olması, çocuk trakeasının daha kısa olması, baş-boyun hareketleri veya operasyon masasının pozisyon değişiklikleri ile endotrakeal tüpün yer değiştirmesi ve sol ana bronş entübasyonlarının olabilmesi çocuklarda güvenli bir entübasyon derinliği için çeşitli formüller ve yöntemlerin geliştirilmesine sebep olmuştur.

1-4 yaş arasındaki çocukları dahil ettiğimiz çalışmamızda; FOB ile yapılan trakea uzunluğu ölçümlerinin ve optimum trakeal tüp derinliği için araştırdığımız 4 formül ile yapılan hesaplamaların; çocukların boyu, yaşı, ağırlığı ve üçüncü (orta) parmak uzunluğu ile pozitif bir korelasyon içinde olduğunu gördük. Bu parametrelerle geliştirilmiş birçok formül vardır. Biz çalışmamızda kullandığımız boya dayalı Morgan formülünün ve orta parmak formülünün Türk çocuklar için yüksek oranda ideal ETT yerini tahmin ettiğini saptadık Bunun dışında kullandığımız yaşa bağlı PALS yöntemi (Cole formülü) ve ağırlığa bağlı Morgan formülü de ortalamanın üzerinde ideal yerleşim yeri tahmini yapmıştır. Yaş, boy ve ağırlık ile ilgili modifiye edilmiş pek çok formül bulunmaktadır. Çocukların gelişim düzeyleri; ırklara, yetiştikleri sosyal çevreye, beslenme, yandaş hastalık gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden hiçbir formül için tüm çocuklarda uygulanabilir diyememekteyiz. Ancak ırklara veya kıtalara göre ya da boy, yaş, ağırlık, orta parmak gibi verilerin beraber kullanıldığı bir formül geliştirilebilmesinin mümkün olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamız Türk çocuklarında Morgan'ın boy ((boy x 0,1) + 5)) ve orta parmak formülünün (orta parmak uzunluğu x 3) yüksek oranda doğru yerleşim yeri önerisi verdiğinin gösterilmesi ve ülkemizde yapılan ilk çalışma olması açısından da önemlidir.

9. KAYNAKLAR

1. Bhardwaj N. Pediatric cuffed endotracheal tubes. Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology. 2013;29(1):13-8.
2. Neunhoeffer F, Wahl T, Hofbeck M, Renk H, Esslinger M, Hanelt M, et al. A new method for determining the insertion depth of tracheal tubes in children: a pilot study. BJA: British Journal of Anaesthesia. 2016;116(3):393-7.
3. Levy FH, Bratton SL, Jardine DS. Routine chest radiographs following repositioning of endotracheal tubes are necessary to assess correct position in pediatric patients. Chest. 1994;106(5):1508-10.
4. Avery G, Kraybill E, Mullick U. Examination of the newborn infant. GP. 1968;37(4):78-94.
5. DIETRICH KA, STRAUSS RH, CABALKA AK, ZIMMERMAN JJ, SCANLAN KA. Use of flexible fiberoptic endoscopy for determination of endotracheal tube position in the pediatric patient. Critical care medicine. 1988;16(9):884-7.
6. Vigneswaran R, Whitfield J. The use of a new ultra-thin fiberoptic bronchoscope to determine endotracheal tube position in the sick newborn infant. Chest. 1981;80(2):174-7.
7. Khanna P, Garg H, Ray BR, Singh A, Kundu R, Sinha R. Accuracy of predictive equations in guiding tracheal intubation depth in children: A prospective study. Pediatric Anesthesia. 2021;31(12):1304-9.
8. Michael A. Gropper NHC, Lars I. Eriksson, Lee A. Fleisher, Seun Johnson-Akeju,Kate Leslie. Miller's Anesthesia, 10th Edition.pdf. 10th ed2024.
9. John F. Butterworth DCM, John D. Wasnick. Morgan and Mikhail's Clinical Anesthesiology, 7th edition. 7th ed2022.
10. Hagberg CA. Benumof and Hagberg's Airway Management E-Book: Elsevier Health Sciences; 2012.
11. Faraoni D. Manual of Pediatric Anesthesia–Seventh Edition: Jerrold Lerman, Charles J. Cote, David J. Steward (Editors). Springer International Publishing AG Switzerland, 2016. ISBN 978-3-319-30682-7. Springer; 2017.
12. Holzman RS. Anatomy and embryology of the pediatric airway. Anesthesiology Clinics of North America. 1998;16(4):707-27.
13. Zeretzke-Bien CM. Airway: Pediatric Anatomy, Infants and Children. Quick Hits for Pediatric Emergency Medicine. 2018:1-5.
14. Adewale L. Anatomy and assessment of the pediatric airway. Pediatric Anesthesia. 2009;19:1-8.
15. Ellis H, Lawson A. Anatomy for anaesthetists: John Wiley & Sons; 2013.
16. Nandi P, Charlesworth C, Taylor S, Nunn J, Dore C. Effect of general anaesthesia on the pharynx. British Journal of Anaesthesia. 1991;66(2):157-62.
17. Kayhan Z. Klinik Anestezi. Genişletilmiş 3. baskı. Logos Yayıncılık. 2004;69.
18. Burkle Christopher M, Zepeda Fernando A, Bacon Douglas R, Rose Steven H. A Historical Perspective on Use of the Laryngoscope as a Tool in Anesthesiology. Anesthesiology. 2004;100(4):1003-6.
19. Cooper RM. Laryngoscopy — its past and future. Canadian Journal of Anesthesia. 2004;51(1):R21-R5.
20. Alvarado AC, Panakos P. Endotracheal tube intubation techniques. 2020.
21. Sims C, Weber D, Johnson C. A guide to pediatric anesthesia. Springer; 2020.
22. Zhou Qh, Xiao Wp, Zhou Hm. Middle finger length-based tracheal intubation depth improves the rate of appropriate tube placement in children. Pediatric Anesthesia. 2015;25(11):1132-8.
23. Kim SH, An TH. Oral endotracheal intubation in pediatric anesthesia. Anesthesia and Pain Medicine. 2018;13(3):241-7.
24. Lau N, Playfor SD, Rashid A, Dhanarass M. New formulae for predicting tracheal tube length. Pediatric Anesthesia. 2006;16(12):1238-43.
25. Pek JH, Tan EM, Hao Y, Ong GY. Comparison of formulae for orotracheal intubation depth in the paediatric population. Ann Acad Med Singapore. 2018;47(4):138-42.
26. Ferraro VA, Baraldi E, Stabinger D, Zamunaro A, Zanconato S, Carraro S. Pediatric flexible bronchoscopy: A single-center report. Pediatric Pulmonology. 2021;56(8):2634-41.

27. ORF J, THOMAS SH, AHMED W, WIEBE L, CHAMBERLIN P, WEDEL SK, et al. Appropriateness of endotracheal tube size and insertion depth in children undergoing air medical transport. Pediatric emergency care. 2000;16(5):321-7.
28. Boensch M, Schick V, Spelten O, Hinkelbein J. Estimation of the optimal tube length: systematic review article on published formulae for infants and children. Der Anaesthesist. 2016;65:115-21.
29. Bloch EC, Ossey K, Ginsberg B. Tracheal intubation in children: a new method for assuring correct depth of tube placement. Anesthesia & Analgesia. 1988;67(6):590-2.
30. Goel S, Lim SL. The intubation depth marker: the confusion of the black line. Pediatric Anesthesia. 2003;13(7):579-83.
31. Bednarek FJ, Kuhns LR. Endotracheal tube placement in infants determined by suprasternal palpation: a new technique. Pediatrics. 1975;56(2):224-9.
32. CONRARDY PA, GOODMAN LR, LAINGE F, SINGER MM. Alteration of endotracheal tube position flexion and extension of the neck. Critical care medicine. 1976;4(1):8-12.
33. Freeman J, Fredricks B, Best C. Evaluation of a new method for determining tracheal tube length in children. Anaesthesia. 1995;50(12):1050-2.
34. Ramlan AAW, Sugiharto A, Mutakim A. Accuracy of pediatric advanced life support method for predicting the depth of endotracheal tube in Indonesian children. Medical Journal of Indonesia. 2021;30(2):123–8-–8.
35. De Orange FA, Andrade RG, Lemos A, Borges PS, Figueiroa JN, Kovatsis PG. Cuffed versus uncuffed endotracheal tubes for general anaesthesia in children aged eight years and under. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2017(11).
36. Phipps LM, Thomas NJ, Gilmore RK, Raymond JA, Bittner TR, Orr RA, et al. Prospective assessment of guidelines for determining appropriate depth of endotracheal tube placement in children. Pediatric Critical Care Medicine. 2005;6(5):519-22.
37. Mariano ER, Ramamoorthy C, Chu LF, Chen M, Hammer GB. A comparison of three methods for estimating appropriate tracheal tube depth in children. Pediatric Anesthesia. 2005;15(10):846-51.
38. PALS. PALS Algorithms 2024 (Pediatric Advanced Life Support) 2024. Available from: https://www.acls-pals-bls.com/algorithms/pals/.
39. Pak HJ, Hong BH, Lee WH. Assessment of airway length of Korean adults and children for otolaryngology and ophthalmic surgery using a fiberoptic bronchoscope. Korean journal of anesthesiology. 2010;59(4):249-55.
40. Weiss M, Balmer C, Dullenkopf A, Knirsch W, Gerber A, Bauersfeld U, et al. Intubation depth markings allow an improved positioning of endotracheal tubes in children. Canadian Journal of Anesthesia. 2005;52(7):721-6.
41. Shim J-G, Ryu K-H, Lee SH, Cho E-A, Lee S, Ahn JH. Machine learning model for predicting the optimal depth of tracheal tube insertion in pediatric patients: A retrospective cohort study. PLoS One. 2021;16(9):e0257069.
42. Koshy T, Misra S, Chatterjee N, Dharan BS. Accuracy of a chest x-ray–based method for predicting the depth of insertion of endotracheal tubes in pediatric patients undergoing cardiac surgery. Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia. 2016;30(4):947-53.
43. Logia P, Theagrajan A, MS R, Prabhu M. New formula for depth of insertion of endotracheal tube in children: a prospective observational study. Indian Journal of Pediatrics. 2024;91(2):125-30.
44. Zhang Y, Wang J, Cheng H, Guo W. Predicting optimal endotracheal tube depth in children based on height and middle finger length. Pediatric Research. 2025:1-5.
45. Morgan G, Steward D. Linear airway dimensions in children: including those with cleft palate. Canadian Anaesthetists' Society Journal. 1982;29(1):1-8.
46. Yamamoto T, Schindler E. Ideal depth of endotracheal intubation at the vocal cord level in pediatric patients considering racial differences in tracheal length. Journal of Clinical Medicine. 2022;11(3):864.
47. Volsko TA, McNinch NL, Page-Goertz C. Development and internal validation of an equation using anthropometric measures to predict correct endotracheal tube insertion depth. Canadian Journal of Respiratory Therapy: CJRT= Revue Canadienne de la Therapie Respiratoire: RCTR. 2022;58:9.
48. Hunyady Agnes I, Pieters B, Johnston Troy A, Jonmarker C. Front Teeth–to–Carina Distance in Children Undergoing Cardiac Catheterization. Anesthesiology. 2008;108(6):1004-8.

49. Kinoshita M, Hayase K, Bando M, Kawai N, Shimizu M, Shibasaki M. Novel formula for calculation of the optimal insertion depth for cuffed endotracheal tubes in pediatric major surgery. Open Journal of Anesthesiology. 2019;9(3):42-50.
50. Santos DLS, Andrade PDdO, Gomes ELdFD. Does the endotracheal tube insertion depth predicted by formulas in children have a good concordance with the ideal position observed by X-ray? Revista Brasileira de Terapia Intensiva. 2020;32:295-300.
51. Ross PA, Abou-Zamzam A, Newth CJ. Height best predicts the optimal insertion length of orotracheal tubes in children. Intensive Care Medicine–Paediatric and Neonatal. 2024;2(1):6.
52. Kemper M, Imach S, Buehler P, Thomas J, Dave M, Weiss M. Tube tip and cuff position using different strategies for placement of currently available paediatric tracheal tubes. British journal of anaesthesia. 2018;121(2):490-5.