

**GENEL ANESTEZİ UYGULANACAK ÇOCUK HASTALARDA  
ENDOTRAKEAL TÜP ÇAPININ BELİRLENMESİNDE TRANSTRAKEAL  
ULTRASONOGRAFİ KULLANIMI VE KLASİK YÖNTEMLERİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**DETERMINE ENDOTRACHEAL TUBE SIZE BY USE OF TRANSTRACHEAL  
ULTRASONOGRAPHY AND CLASSICAL METHODS WITH PEDIATRIC PATIENTS  
UNDER GENERAL ANESTHESIA**

**UZMANLIK TEZİ**

**DR. SERENGÜL ÖZTÜRK**

**TEZ DANIŞMANI**

**YRD. DOÇ. DR. HÜSEYİN SERT**

**ANKARA 2012**

**T.C.**

**FATİH ÜNİVERSİTESİ**

**TIP FAKÜLTESİ**

**ANESTEZİYOLOJİ ve REANİMASYON**

**ANABİLİM DALI**

## **ÖZET**

### **Amaç**

Ultrasonografi pediatrik hastalarda transtrakeal çap ölçümünde kullanılan bir araçtır. Biz bu çalışma ile indüksiyonla beraber pediatrik larinksin ultrasonografi ile değerlendirmesini, subglottik ve trakeal çaplarının ölçümünü yapmayı ve daha önce hiç yapılmamış olan, anesteziistlerce sıklıkla kullanılan endotrakeal tüp numarasını belirlemede kullanılan klasik yöntemlerin ve bu yöntemlerin dayandığı yaş, boy, kilo, serçe parmak çapı gibi ölçümlerin trakea ve krikoid çapı ile ilişkisini araştırmayı amaçladık.

### **Gereç ve Yöntem**

Bu çalışmaya, 1-10 yaş arası, genel anestezi altında cerrahi operasyon planlanan toplam 100 hasta dahil edildi. Hastalara transtrakeal USG yapılarak subglottik çap ölçümleri, kumpas ile serçe parmak çapı ve mezur ile boyun çevresi ölçümleri yapıldı. Her hasta için ayrı ayrı yaşa dayalı, uzunluğa dayalı, ağırlığa dayalı yöntemler ve çoklu değişkenlere dayalı yöntem (multiple variables) göre tahmin edilen ETT numaraları ile yaş, boy, kilo durumları kaydedildi. Değişkenlerin korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılıkları pearson ya da spearman testleri ile hesaplandı. Çok değişkenli bir lineer regresyon modeli kullanılarak farklı prediktörlerin trakeal ve krikoid çap üzerindeki bağımsız etkileri incelendi

### **Bulgular**

Trakea çapıyla en güçlü korelasyonu boy ( $r=0,797$ ), daha sonra sırasıyla yaş ( $r=0,793$ ), kilo ( $r=0,757$ ), parmak çapı ( $r=0,649$ ) ve bunlardan daha zayıf korelasyonu ise boyun

çevresi ( $r=0,465$ ) göstermektedir. Krikoidde ise en kuvvetli korelasyonu yaşla ( $r=0,775$ ) olup bunu sırasıyla boy ( $r=0,761$ ), kilo ( $r=0,742$ ), parmak çapı ( $r=0,595$ ) ve bunlardan daha zayıf korelasyonu boyun çevresi ( $r=0,461$ ) ölçümleri göstermektedir.

## **Sonuç**

Yaptığımız ölçümlerle elde ettiğimiz regresyona dayalı formüllerin trakea çapını ve en uygun ETT OD'sinin tahminini sağlayacağını öneriyoruz.

**Anahtar kelimeler: Pediatrik, entübasyon, trakea, krikoid, formül**

## **ABSTRACT**

### **Objective**

Ultrasound is a device that is used by the measurement of transtracheal diameter of pediatric patients. In this study we intend to evaluate the size of paediatric trachea with ultrasound after anaesthetic induction, measure subglottic and tracheal diameters, look over classic methods that are used by the anaesthesiologist frequently and investigate the relation between age, height, weight, diameter of 5. finger and diameter of trachea and cricoid.

### **Methods**

In this study, a total of 100 patients aged 1 to 10 years who were scheduled for surgery and undergoing general anesthesia were enrolled. Subglottic diameter was estimated with transtracheal ultrasound and 5. finger's diameter with mariner's compass and neck circumference with 'mezur'. By using the methods based on age, height and weight and ETT numbers that were estimated with a method based on multiple variables; age, height and weight status for each patient self were recorded. Correlation coefficient and statistical meaningfulness of variables were calculated with Pearson or Spearman tests. Independent effects of different predictors on tracheal and cricoid diameter were investigated with using a linear regression model with multiple variables.

### **Results**

Trachea diameter is highly correlated with height, and weight, finger diameter and correlation is weaker for the neck circumference. Cricoid diameter shows best correlation with age, height and finger diameter and correlation is weaker for the neck circumference.

## **Conclusion**

We suggest that regression based formulas that were obtained with our measurements supply the estimation of trachea diameter and the most appropriate ETT OD.

Keywords: Pediatric, intubation, trachea, cricoid, formula

## **TEŞEKKÜR**

*Bu alıŐmayı hazırlamamda büyük katkıları olan hocalarım Muhammed Gzdemir ve Bünyamin Muslu'ya sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.*

*Asistanlık hayatımda beraber vakit geçirdiğim tüm hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.*

*Bu çalıŐmamı, sonsuzluğa doğru yaptığım bu yolculuğumun yegane rehberi olan en sevgiliye, oğtleri ve desteğiyle bana hep destek olmuş ama artık gerçek olan bir hayata gözlerini açmış ve bizimle kavuŐma anını bekleyen babama, sevgi ve dualarıyla beni hep kuŐatmıŐ olan anneme, aynı ağacın dalları olduğum kardeŐlerim Esengül ve mer'e ve son olarak mutluluğum, arkadaşım, yoldaŐım Yusuf'a ithaf ediyorum...*

*Serengl ztrk*

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

İÇİNDEKİLER.....	i
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET ve ANAHTAR KELİMELER .....	vi
ABSTRACT and KEYWORDS.....	viii
KISALTMALAR.....	x
TABLOLAR DİZİNİ .....	xii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiv
GRAFİLER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Çocuk larinksi ile İlgili Genel Bilgiler .....	4
2.1.1. Larinks Embriyolojisi .....	4
2.1.2. Çocuk larinks anatomisi .....	4
2.1.2.1. Çocuk larinksinde izlenen değişimler .....	4
2.1.2.2. Çocuk larinksinin yerleşim seviyesi.....	5
2.1.2.3. Epiglottis .....	7
2.1.2.4. Vokal kordlar.....	8
2.1.2.5. Larinksin en dar noktası.....	8
2.1.2.6. Kartilaj yapılar .....	9
2.1.2.7. Larinkste histolojik değişiklikler .....	11
2.1.2.8. Pediatrik larinksin şekli: Silindirik mi, konik mi? .....	13
2.2. Normal infant ve pediatrik havayolu yönetimi .....	18
2.2.1. Genel prensipler .....	18
2.2.2. Laringoskopi ve entübasyon.....	18
2.2.3. Pediatrik anestezide endotrakeal tüp kafli mı kafsız mı olmalı? .....	22
2.2.4. Çocuklarda kafsız endotrakeal tüp kullanımı .....	23
2.2.5. Çocuklarda kafli endotrakeal tüplerden kaçınılmasının sebepleri .....	24
2.2.5.1. Postekstübasyon komplikasyonlar .....	24
2.2.5.2. Endotrakeal tüp kafi .....	24
2.2.5.3. Subglottik stenoz riski .....	26
2.2.5.4. ETT dış çapı .....	26
2.2.5.5. Kaf basıncı monitorizasyonu .....	27

<b>2.3. En uygun endotrakeal tüp seçiminde kullanılan yöntemler.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.1. Yaşa dayalı yöntemler .....</b>	<b>30</b>
2.3.1.1. Cole formülü .....	30
2.3.1.2. Corfield formülü .....	30
2.3.1.3. Khine formülü .....	30
2.3.1.4. Penlington formülü.....	31
2.3.1.5. Motoyama formülü .....	31
2.3.1.6. Steward ve Lerman yaklaşımı .....	31
2.3.1.7. Yeni yaklaşım (New recommendation) .....	32
<b>2.3.2. Uzunluğa dayalı yöntem .....</b>	<b>33</b>
2.3.2.1. Broselow şeridi.....	33
2.3.2.2. Wang formülü .....	35
<b>2.3.3. Ağırlığa dayalı yöntemler.....</b>	<b>36</b>
2.3.3.1. Eck ve arkadaşları .....	36
2.3.3.2. Eipe ve arkadaşları .....	36
<b>2.3.4. Çoklu değişkenlere dayalı yöntem (Multiple variables) .....</b>	<b>36</b>
<b>2.3.5. Serçe parmak çapı.....</b>	<b>37</b>
<b>2.3.6. Kaf kaçak testi yöntemi.....</b>	<b>37</b>
<b>2.3.7. X- ray göğüs grafisi .....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.8. Ultrasonografi .....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.9. Videobronkoskopi .....</b>	<b>40</b>
<b>2.4. Larinksin değerlendirilmesinde ultrasonografi.....</b>	<b>42</b>
<b>2.4.1. Havayolu değerlendirmesinde sonografinin yapılışı.....</b>	<b>42</b>
2.4.1.1. Hiyoid kemik .....	42
2.4.1.2. Suprahiyoid alan.....	43
2.4.1.3. Ağız tabanı .....	44
2.4.1.4. Dil .....	45
2.4.1.5. Tükrük bezleri .....	45
2.4.1.6. İnfrahioid alan .....	46
2.4.1.7. Tirohiyoid membran .....	46
2.4.1.8. Epiglottis .....	47
2.4.1.9. Tiroid kartilaj .....	47
2.4.1.10. Vokal kordlar .....	49
2.4.1.11. Krikoid kartilaj ve krikotiroid membran.....	49
2.4.1.12. Trakea ve komşu yapılar.....	50



2.4.2. Subglottik diameterin değerlendirilmesinde ultrasonografinin faydası...52	
3.GEREÇ ve YÖNTEM .....	54
4. BULGULAR .....	58
5. TARTIŞMA .....	67
6. KAYNAKLAR .....	76

## KISALTMALAR

APLS	Advanced Pediatric Life Support
ASA	American Society of Anaesthesia
CT	Bilgisayarlı Tomografi
EKG	Elektrokardiyografi
ETT	Endotrakeal Tüp
ID	İnternal Diameter
KB	Kan Basıncı
KH	Kalp Hızı
MRI	Manyetik Rezonans Görüntüleme
N <sub>2</sub> O	Azot protoksit
OD	Outer Diameter
O <sub>2</sub>	Oksijen
PEEP	Pozitif End-Ekspiratuar Pressure
r	Korelasyon katsayısı
SpO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> Saturasyonu
USG	Ultrasonografi

## TABLolar DİZİNİ

**Sayfa No:**

---

<b>Tablo 1.</b> Korelasyon katsayıları.....	<b>57</b>
<b>Tablo 2.</b> Trakea ve krikoid çapı ölçümleri ile çocuklarda endotrakeal tüp numarası belirlemede kullanılan testler arasındaki korelasyon.....	<b>58</b>
<b>Tablo 3.</b> Çalışmada yapılan ölçümlerin krikoid ve trakea çapıyla korelasyonu ve p değerleri .....	<b>59</b>
<b>Tablo 4.</b> Çalışmaya alınan hastalara ait ölçümlerin ortalaması.....	<b>59</b>
<b>Tablo 5.</b> Çalışmada kullanılan formüllerin ortanca endotrakeal tüp numaraları ...	<b>60</b>
<b>Tablo 6.</b> Yapılan ölçümlerin trakea ve krikoid çapıyla regresyonu sonucundaki analizleri.....	<b>60</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No:**

---

<b>Şekil 1.</b> İnfantta üst ve alt havayolunun anatomik görüntüsü .....	5
<b>Şekil 2.</b> Çocukta ve erişkinde larinksin yerleşimi ve seviyesi .....	6
<b>Şekil 3.</b> İnfantta ve çocukta larinks anatomisi.....	7
<b>Şekil 4.</b> İnfant ve erişkin epiglotu.....	7
<b>Şekil 5.</b> İnfant ve erişkinde larinksin en dar noktası açıklama .....	9
<b>Şekil 6.</b> Larinksin kıkırdakları önden ve arkadan görünüşü .....	10
<b>Şekil 7.</b> Çocukta ve erişkinde 1mm'lik ödemin havayolu çapına etkisi.....	13
<b>Şekil 8.</b> a) Silindirik erişkin larinksi b) Konik pediatrik larinks .....	14
<b>Şekil 9.</b> Kafli bir tüp .....	20
<b>Şekil 10.</b> Deflasyon endotrakeal tüp.....	25
<b>Şekil 11.</b> Kaf manometresi.....	27
<b>Şekil 12.</b> Yapılmış bir çalışmada parmak çapını ölçmede aşağıdaki resimde gösterilen alet kullanılmış .....	37
<b>Şekil 13.</b> a) Trakeal entübasyon öncesi subglottik çap ölçümünün USG ile görüntüsü, b) Trakeal entübasyon sonrası, c) Trakea içinde ETT OD'si ölçümü .....	40
<b>Şekil 14.</b> Videobronkoskopi ile laringeal çap ölçümleri.....	40

- Şekil 15.** Linear bir transduser kullanılarak orta hatta transvers bir görüntüde hiyoid kemiğin sonografisi.....43
- Şekil 16.** Uzayan submandibuler saggital kesitinde eğimli bir transduser kullanılarak görüntülenmektedir .....43
- Şekil 17.** Eğimli bir transduser ile submandibuler pozisyonda transvers görüntü .....44
- Şekil 18.** Submandibuler pozisyonda eğimli transduser kullanılarak mentum ve hiyoid bone arası görüntü. ....45
- Şekil 19.** Submandibuler pozisyonda mandibulaya paralel linear transduser kullanılarak alınan lateral oblik görüntü. ....46
- Şekil 20.** Linear transduser kullanılarak tirohiyoid membran boyunca yapılan sol parasagital tarama.....47
- Şekil 21.** Linear transduser kullanılarak tirohiyoid membran boyunca sonografi.....47
- Şekil 22.** Linear transduser ile Cricotiroid membranın (C-T memb) sol parasagital görüntüsü. ....48
- Şekil 23.** Linear transduser kullanılarak tiroid kartilaj üzerinde transvers görüntü. Anterior komissürün yanında vokal ligamentler ve gerçek vokal kordların sonografisi.....48
- Şekil 24.** Linear transduser kullanılarak tiroid kartilaj seviyesinde transvers görüntü.....48

**Şekil 25.** Lineer transduser ile trakeanın üzerinde sol parasagital görüntü .**50**

**Şekil 26.** Linneer bir transduser ile krikoid kartilaj seviyesinde transvers görüntü. Kuyruklu yıldız görüntüsü-comet tail artifacts (CTA).....**50**

**Şekil 27.** Orta hatta lineer bir transduser ile suprasternal çentik seviyesinde transvers görüntü.....**51**

**Şekil 28.** Suprasternal çentik seviyesinde transvers görüntü .....**51**

**Şekil 29.** Krikoid ark ve hava-sütunu, ultrasonografik ve şematik görünümü**52**

**Şekil 30.** Subglottik çap ölçümleri krikoid kartilaj .....**56**

**Şekil 31.** Subglottik çap ölçümleri trakeal ring.....**56**

## 1.GİRİŞ ve AMAÇ

Yüzyıldan daha uzun süredir pediatrik larinks ile ilgili kadavra modelleriyle başlayan araştırmalar, 1970'lerde endotrakeal tüplerin (ETT) kullanılmaya başlamasıyla anesteziistler, pediatrikistler, yoğun bakım ve acil doktorları tarafından giderek daha da ilgi çeken bir konu haline gelmiştir (1-3).

Uygun olmayan ETT'nin kullanılması özellikle pediatrik hastalarda pek çok problemle karşılaşılmasına sebep olmaktadır. ETT'nin olması gerekenden küçük olması yetersiz ventilasyon, anestezi gazların ameliyathane odasına sızarak hava kirliliği oluşturması, end-tidal gaz monitorizasyonun istenilen şekilde yapılamaması, aspirasyon riskinde artış ile sonuçlanmaktadır (4-6). ETT'nin olması gerekenden büyük olması ise larinkste ödem, lokal iskemi, ülserasyon, skar formasyonu ile bunların sonucunda subglottik stenozis, krup ve nefes darlığı gibi postekstübasyon dönemde klinisyenin baş etmesi gereken ciddi sorunlar olarak bulunmaktadır (7, 8).

İntraoperatif ve postoperatif pediatrik hastalarda karşılaşılan bu sorunların çokluğu klinisyenleri en uygun büyüklükteki ETT numarasını önceden tahmin etme yollarını araştırmaya itmiştir. İlk zamanlar yaş, uzunluk, ağırlık, serçe parmak çapı gibi hastaya ait kantitatif özelliklere dayalı formülasyonlar üretilmiş ve uzun yıllar bu metotların yararlılığı ve birbirleriyle karşılaştırması tartışılmıştır (9-12) .Sonuçta bu formüllerden hiçbirisinin en uygun ETT numarasını tahmin etmede kesin bir gösterge olmadığı anlaşılmıştır (13).

Daha sonraki yıllarda X-ray, bilgisayarlı tomografi (CT), manyetik rezonans görüntüleme (MRI), videobronkoskopi ve ultrasonografi (USG) gibi görüntüleme yöntemlerinin ortaya çıkmasıyla pediatrik larinks çap ölçümleri daha gerçekçi bir

biçimde yapılmaya başlanmıştır (14-18). Bu yöntemlerden ultrasonografi, anestezi uzmanları tarafından vasküler yapılar ve periferik sinirlerin görüntülenmesinde ameliyathanelerde giderek daha da yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (19, 20). Ultrasonografinin non-invaziv, kolay taşınabilir ve uygulamasının nispeten kolay oluşu erişkin hastaların havayolunun değerlendirilmesinde kullanılmasına kapı aralamış ve bu konuda yapılan fizibilite çalışmaları pek çok anestezi uzmanı pediatrik hastaların havayolu değerlendirilmesinde ultrasonografinin kullanılmasında cesaretlendirmiştir (16).

Ultrasonografi ile erişkin hastaların havayolu değerlendirilmesi ve ETT yerinin doğrulanması gibi pek çok araştırma yayınlanmıştır, ancak bu konuda pediatrik hastalarla ilgili yapılmış çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır (18, 21).

Bu tür görüntüleme yöntemlerinin giderek yaygınlaşmasıyla trakeal boyutlar ve krikoid seviyede internal diameter incelediği yayınlar da artmıştır (22-24). yapılan ölçümlerde merak konusu olan formüllerde kullanılan yaş, boy, kilo gibi değerlerin trakeal boyutlarla ilgisinin ne kadar olduğudur. İncelemeler sonucu uygun ETT çapının ID'ye göre değil, trakeal mukozayı ve özellikle esneyemeyen krikoidal ringi en çok etkileyen ETT OD'sine göre seçilmesi gerektiği yönünde olmuştur (25).

Biz bu çalışma ile induksiyonla beraber pediatrik larinksin ultrasonografi ile değerlendirilmesini, subglottik ve trakeal çaplarının ölçümünü yapmayı ve daha önce hiç yapılmamış olan, anestezi uzmanlarca sıklıkla kullanılan klasik yöntemlerin ve bu yöntemlerin dayandığı yaş, boy, kilo, serçe parmak çapı gibi ölçümlerin trakea ve krikoid çapı ile ilişkisini araştırmayı amaçladık.



## **2.GENEL BİLGİLER**

### **2.1.Çocuk larinksi ile İlgili Genel Bilgiler**

#### **2.1.1.Larinks Embriyolojisi**

Larinks anatomik yapısını fetal hayatın 3. ayında oluşturmaktadır. Doğumda hiyoid kemik ile tiroid kartilaj yapışık olup doğum sonrası birbirlerinden ayrılmakta ve ossifikasyon başlamaktadır. Larinks doğumda C3-C4 vertebra seviyesindeyken yaş ilerledikçe C6-C7 seviyesine inmektedir. İnfant dönemde epiglot omega şeklindeyken zamanla erişkin haline ulaşmaktadır (26).

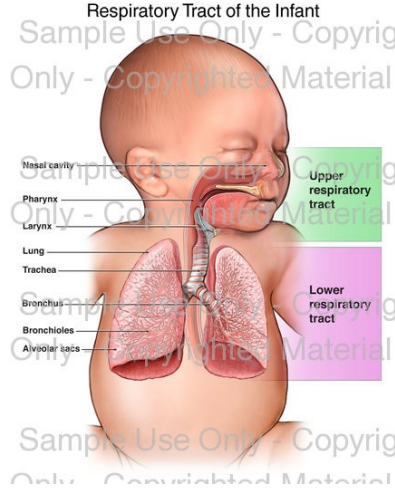
## **2.1.2.Çocuk larinks anatomisi**

### **2.1.2.1.Çocuk larinksinde izlenen değişimler**

Çocuk ve erişkin larinksi, aynı anatomik yapılarla sahip olmakla birlikte birbirlerinden belirgin farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılıkların bilinmesi özellikle çocuk havayolu yaklaşımında önem taşımaktadır. Özellikle yenidoğan döneminde belirgin olan bu farklar çocuk büyüdükçe azalmakta ve yaklaşık 8 yaş civarında çocuk larinksi erişkin özelliklerine sahip olmaya başlamaktadır.

Larinkste doğumdan itibaren izlenen değişimlerin 3 temel boyutu bulunmaktadır (27).

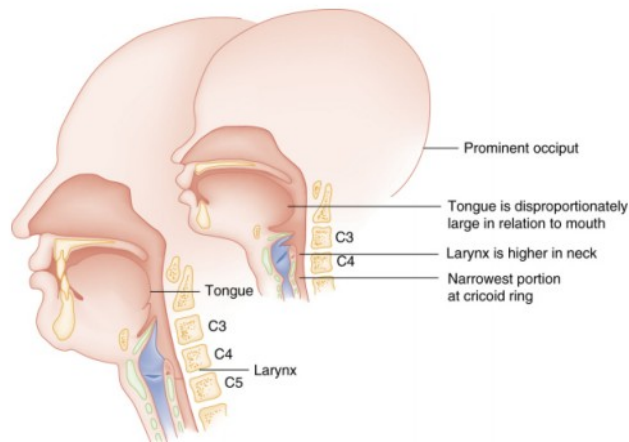
1. Topografik değişim
2. Morfolojik değişim
3. Histolojik değişim



**Şekil 1. İnfantta üst ve alt havayolunun anatomik görüntüsü**

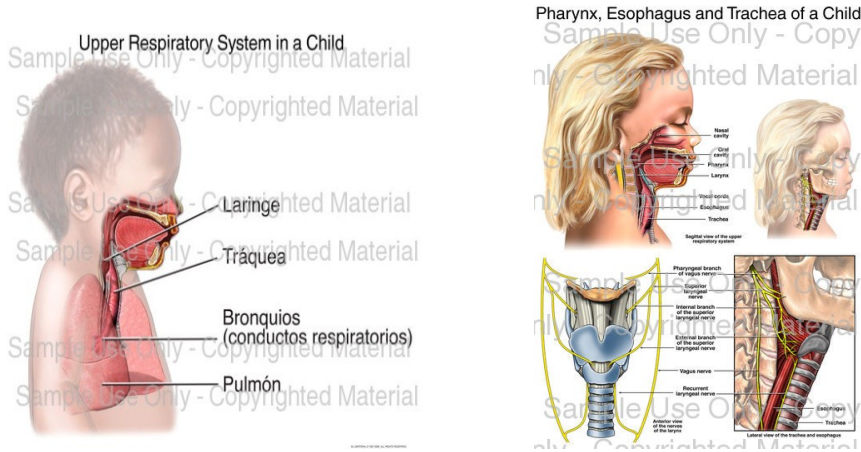
### 2.1.2.2. Çocuk larinksinin yerleşim seviyesi

Çocuk ve erişkin larinksi arasında en temel farklardan biri boyundaki yerleşimin seviyesidir. Çocuk larinksi boyunda erişkine göre daha sefalik bir yerleşim göstermekte olup doğum esnasında 1.-3. servikal vertebralar hizasındadır. Bu yüksek yerleşim epiglotun veluma temasını mümkün kılarak infantın solunum yutma fonksiyonlarını kısıtlamaktadır (28). Postnatal dönemde larinks topografik olarak boyunda vertikal yönde bir iniş gerçekleştirmekte olup bu iniş erişkin dönemde 6.-7. servikal vertebra seviyesinde sonlanmaktadır. Larinksin bu inişi ilk 1 yaş içerisinde ve ergenlik dönemine geçiş aşamasında daha hızlı olmaktadır (29).



## Şekil 2. Çocukta ve erişkinde larinksin yerleşimi ve seviyesi

Larinkste izlenen morfolojik değişimler doğumdan hemen sonra başlamakta ve hayat boyunca devam etmektedir. Yeni doğan larinksi erişkinin üçte biri büyüklükte olup yaklaşık 2 cm uzunluk ve genişliğe sahiptir. Larinkste cinsiyete bağlı farklar henüz izlenmemektedir. Postnatal dönemde larinkste izlenen gelişim yaşamın ilk yıllarında son derece hızlıdır. Altı yaşından sonra puberteye kadar daha yavaş olarak devam eden bu değişim pubertede tekrar hızlanmakta ve erişkin dönemde son halini almaktadır.

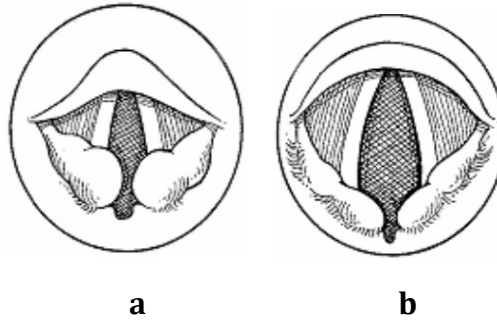
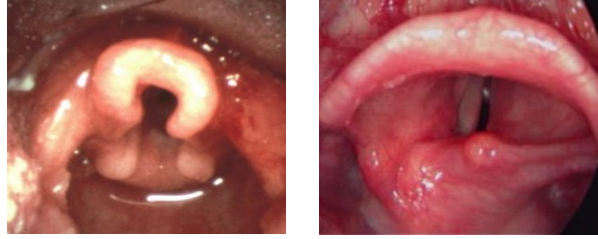


## Şekil 3. İnfantta ve çocukta larinksin anatomisi

### 2.1.2.3. Epiglottis

Yenidoğan larinksinde epiglott en dramatik değişimlerin izlendiği yapıdır. Larinkste yüksek yerleşimli olup orofarengeal muayene esnasında dil kökünde kolaylıkla görülebilir. Kalın ariepiglottik plikalarla birlikte omega şekilli olup kısa, dar, yumuşak ve

tubuler bir yapıya sahiptir. Postnatal dönemde giderek sertleşmeye ve omega şeklindeki görünümünden uzaklaşmaya başlayıp son halini pubertede alır.



**Şekil 4. a)Omega şeklindeki infant epiglottu ve b)düz erişkin epiglottu**

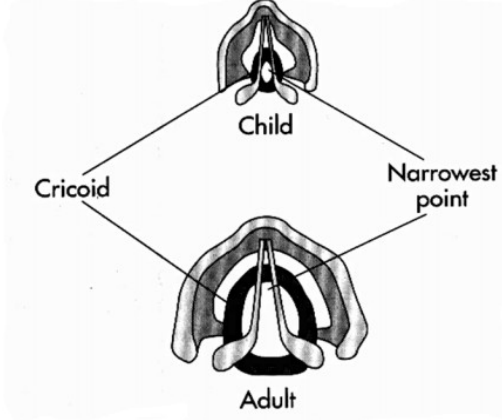
İnfantta dil ve ona yapışık epiglott ile glottis arasında daha belirgin bir açı bulunmaktadır. Larinks girişi aşağı ve öne meyilli olup erişkinde laringeal düzleme dik yerleşim gösteren vokal kordlar çocuk larinksinde öne ve aşağıya doğru açılıdır. Bu özellikler laringoskopi esnasında vokal kordların uygun görüntülenmesini engelleyerek entübasyonu güçleştirebilmektedir (30).

#### **2.1.2.4.Vokal kordlar**

Erişkin erkekte 17-21 mm, kadında ise 11-15 mm uzunluğa sahip olan vokal kordlar yenidoğanda henüz 2,5-3 mm uzunluğundadır ve yaklaşık olarak yarısı membranöz yarısı kıkırdak yapıdadır (31). Zamanla membranöz parça uzayarak erişkin dönemde vokal kordun üçte ikisini oluşturur hale gelmektedir.

#### **2.1.2.5.Larinksin en dar noktası**

Yenidoğanda larinksin en dar noktasını krikoid kartilaj oluşturmakta olup subglottik bölgenin çapı yaklaşık 4-5 mm'dir (31). Krikoid kartilajın üzerinde yerleşim gösteren, nispeten daha geniş ölçülere sahip, tiroid kartilajla birlikte bakıldığında çocuk larinksinin görünümü huniye benzemektedir. Erişkinde ise larinksin en dar noktasını glottis oluşturmakta olup görünüm silindirik tüp şeklindedir (Şekil 5).



**Şekil 5. İnfant ve erişkinde larinksin en dar noktası açıklama**

#### **2.1.2.6.Kartilaj yapılar**

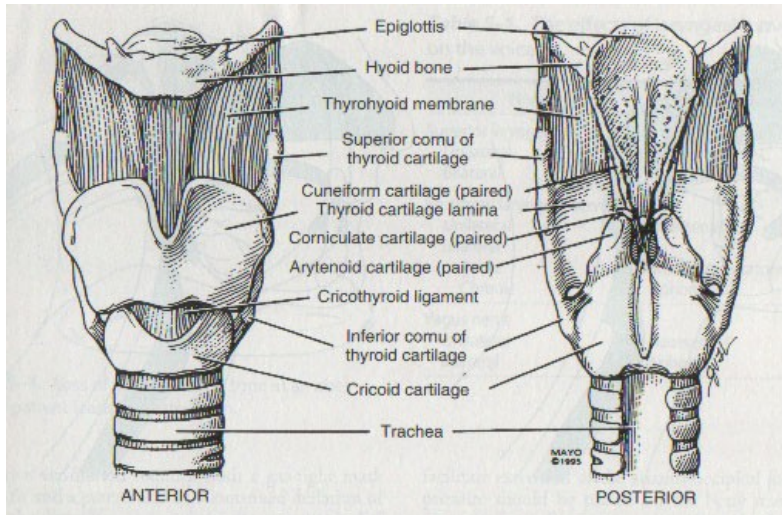
Yenidoğanda krikoid kartilajın şekli ve bütünlüğü, solunumun sağlanması ve devamı için son derece önemlidir. Ancak submukozal olarak daha az yoğun ve vasküler gevşek bağ dokusu yer aldığından enfeksiyon veya küçük travmalarda kolaylıkla ödem oluşup solunum sıkıntısına yol açabilmektedir. Ayrıca bu dönemde larinksi oluşturan kartilaj yapıların çok yumuşak olması ve bunları bir arada tutan bağların zayıflığı solunum esnasında larinkste oluşan negatif basıncın arttığı durumlarda laringeal kollapsa neden olabilmektedir. Erişkinde ise larinksi oluşturan kıkırdak çatı serttir ve solunum sırasındaki basınç değişikliklerine daha dirençlidir.

Larinksin sefalik yerleşiminden dolayı doğum esnasında tiroid kartilaj ve hiyoid kemik erişkinden farklı olarak bitişiktir ve bu nedenle tiroid çıkıntı palpe

edilememektedir. Fetal hayatta yuvarlak yapıda olan tiroid kartilajın her iki kanadı, doğum esnasında erkeklerde 90-100 derece, kızlarda ise 120 derecelik bir açığa sahiptir. Bu açı, kız çocuklarında sabit kalmakta erkeklerde ise puberte civarında tam olarak 90 derece olmaktadır (32).

Hiyoid kemik hariç çocuk laringeal iskeletini oluşturan yapıların hiçbiri henüz ossifiye olmamıştır. Bunun doğal sonucu olarak larinks son derece yumuşak ve esnektir. Kartilajinöz yapılarda ossifikasyonun başlangıç zamanı ile ilgili bir görüş birliği bulunmamaktadır. Puberteden hemen sonra başladığını bildiren çalışmalar olduğu gibi erkeklerde 30 yaş civarında, kadınlarda ise 40 yaş civarında başladığını belirten çalışmalar da mevcuttur (33, 34). Ancak ossifikasyonun hiyalin yapıdaki kartilajlardan önce tiroid kartilajda ve sonra da krikoid kartilajda başladığı bilinmektedir.

Hyalin ve elastik yapıda olan aritenoidler daha geç ossifiye olmaktadır. Hayatın 7-8. dekatlarında epiglot, kuneiform ve kornikulat hariç tüm kartilajlar erkeklerde ossifiye olmaktadır. Kadın larenksi hiçbir zaman bütünüyle ossifiye olmamaktadır (33).



**Şekil 6. Larinksin kıkırdakları önden ve arkadan görünüşü**

### **2.1.2.7.Larinkste histolojik değişiklikler**

Larinkste topografik ve morfolojik değişimlerle eş zamanlı olarak histolojik değişimler de görölmektedir. Bunlar içerisinde en belirgin olanları vokal kordlarda özellikle tiroaritenoid kas ve mukozada izlenmektedir. Doğum esnasında vokal kord uniform bir yapıda olup henüz lamina propria tabakaları ayrılmamıştır (35). Bu süreç 1-4 yaşları arasında bir zaman diliminde başlamakta ve vokal kord 10 yaş civarında erişkin lamina propriasına benzer özelliklere sahip olmaktadır (36, 37). Tiroaritenoid kasta da belirgin özellikler oluşmaktadır. Yenidoğanlarda kas lifleri erişkinlere göre daha ince yapıda olup yenidoğan vokal kası tip I kas liflerine oranla daha fazla tip II lif içermektedir. Tip I kas lifleri kısa süreli ve hızlı, tip II kas lifleri ise uzun süreli ve nispeten daha yavaş kontraksiyonlar yapmaktadır. Yaşla birlikte vokal fonksiyonların ihtiyaçların devreye girmesi ile tip I kas liflerinin oranı artmaktadır (38, 39).

Pediyatrik dil genişliğinin ağıza oranı erişkindekine göre daha büyüktür. Bu nisbi büyüklük de sedasyon sırasında, inhalasyonla anestezi indüksiyonunda havayolu obstrüksiyonuna katkıda bulunmaktadır. Mandibula açısını öne doğru yönlendirerek dilin öne doğru kaymasını sağlamak acil veya indüksiyon anestezisinde bu problemi çoğu kez çözmektedir. Böyle bir durumda oral airway de faydalı olabilmektedir (40).

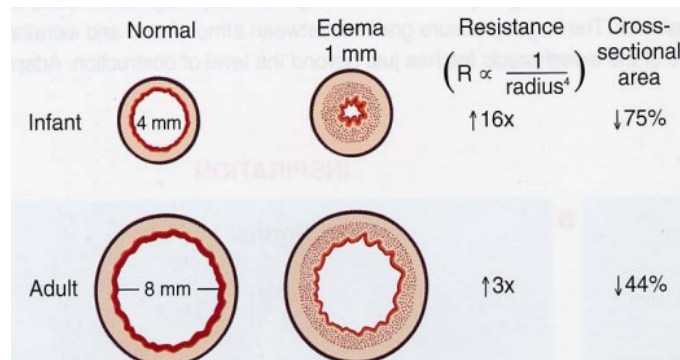
İnfant havayolunda epiglot, erişkininkine göre daha geniş ve sert olarak tarif edilmektedir. Daha da önemlisi infant epiglot, tipik olarak laringoskopi sırasında posteriora doğru açı yaparak vokal kordların direk görünmesini engellemektedir. İnfantlarda ve küçük çocuklarda, laringoskopinin bleyd ucuyla epiglotun yukarı kaldırılması, vokal kordların görünmesi ve trakeanın başarılı bir şekilde entübe



edilmesinde çoğu kez gerekli olmaktadır. Bu da daha dar ucu olan düz laringoskop bleydinin, geniş ucu olan eğimli laringoskop bleydine göre sıklıkla daha başarılı olmasının sebeplerinden biridir (40).

İnfant havayolu, dar bir krikoid kartilaj ve hemen üstündeki daha geniş tiroid kartilaj ile genellikle huni şeklinde diye tarif edilmektedir. Pediatrik havayolu ile erişkin havayolu arasındaki bu farklılık dairesel krikoid ringin seviyesinde havayolunun korunmasında ve kapanmasında, çocuklarda ve infantlarda kafsız endotrakeal tüplerin daha başarılı bir şekilde uygulanmasının sebepleri arasındadır. Erişkinlerde, dairesel endotrakeal tüp, havayolunun en dar yeri olan trianguler veya trapezoidal vokal kordların şeklini tam olarak almayacaktır (40).

Bu aynı zamanda çok fazla hava verilmiş tüp kafının kompresyonu ya da çok büyük endotrakeal tüp kullanımı olduğu zaman krikoid kartilaj seviyesinde subglottik ödem sıklıkla oluşmaktadır. Bu durum postekstübasyonda hafif bir klinik krup ya da stridor ve daha ciddi trakeal stenozis ile sonuçlanabilir. Akım rezistansının lümenin yarıçapıyla dört katı bir güç gerektiren bir ters orantı olduğunu hatırlamak önemlidir. Bu nedenle 4-5 mm çapındaki infant havayolundaki 1mm'lik ödem, 12-15 mm çapındaki erişkin havayolundaki 1mm'lik ödemden çok daha önemlidir. Bu bize, krupun erişkin ve büyük çocuklarda çok önemli değilken, infant ve küçük çocuklarda neden bu kadar önemli olduğunu açıklar (40).



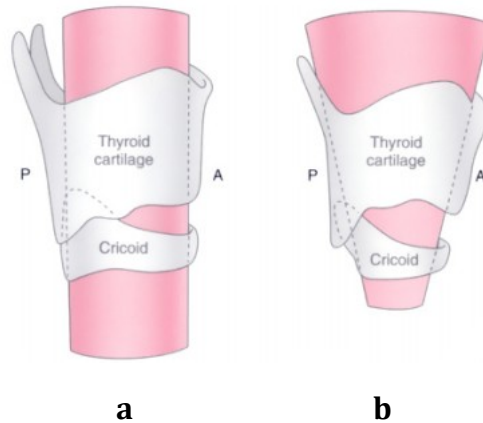
### Şekil 7. Çocukta ve erişkinde 1mm'lik ödemin havayolu çapına etkisi

İnfant ve erişkin havayolu arasındaki tüm bu farklılıklar çocuk büyüdükçe ortadan kalkar. Genellikle çocuk 10 yaşına geldiğinde erişkin havayolunun karakteristik özelliklerini kazanır (40).

#### 2.1.2.8. Pediatrik larinksin şekli: Silindirik mi, konik mi?

Bir yüzyıldan uzun bir süredir çocukluk boyunca larinksin büyümesi ve gelişmesi ilgi çeken bir konu olmuştur (2). Pediatrik havayoluyla ilgilenen herkes için çocukluk yaşının laringeal boyutlara etkisinin anlaşılması ana konu haline gelmiştir. İlk yapılan çalışmalarda çocukluk dönemi boyunca larinksin kıkırdak ve kemikten oluşan iskelet yapısı kadavra modelleriyle belgelenmiştir (2, 41, 42).

Çocuk gelişirken konik olan larinksin transvers şekli, erişkindeki gibi giderek silindirikleşir. Bu ifadeler bildirilerde hatırı sayılır anesteziyolojist ve bilim adamı Eckenhoff (43, 44) tarafından 1951'de tırnak içine alınmıştır.



Şekil 8. a) Silindirik erişkin larinksi b) Konik pediatrik larinks

Litman, 0-14 yaş arası, elektif larinks MRI yapılacak olan hastaları incelemiştir.

Bu çalışmada bulunan en önemli bilgi,

- 1- Paralize olmayan sadece sedatize çocuklarda koninin apeksinin vokal kordlar olduğu,
- 2- Transvers kesitte larinksin koni şeklinde olduğu,
- 3- Anterior posterior kesitte silindir şeklinde olduğu,
- 4- Gelişim boyunca bu şekilde kalmakta olduğudur (45).

Kadavra kesitlerinden elde edilen atonik larinksin krikoid ringi kaudalde yer alır ve apeks konikal şekildedir (2, 41, 42). Gelişim boyunca transvers kesitte atonik larinksin şekli daha silindirik farzedilmekte, yaşla olan değişiklikler ise kesin olarak bilinmemektedir (43). Kadavra kesitlerinin kullanıldığı yayınlarda, ölçüm yapılırken larinksin sefalik bölümleri tüm kartilaj halkasını kapsamayacak şekilde gerilmiş olabilir. Bu çalışmada hastalar paralize edilmeden derin sedasyonla takip edilmiş spontan solunum boyunca, özellikle kord vokallerin hizasında, krikoid ringin üzerinde hareketi devam eden larinksin çapları larinks kaslarının aktif kasılmasından etkilenmiştir (46). Gerçekten de anestezisi yüzeyelleşmiş erişkin hastalarda kaf basıncının artması ve paralizisi azalmış anestezi altındaki çocuk hastalarda artmış havayolu basıncına bağlı kaçak sesinin duyulabilir düzeye ulaşması bu durumla alakalı olabilir (47, 48).

Larinksin diğer seviyeleriyle karşılaştırıldığında vokal kordların hizasında transvers kesitlerdeki değişkenliğin artmış olması bu durumun sebebi olabilir. Bundan dolayı, her ne kadar spontan solunumda larinksin en dar kısmı glottik açıklık olarak tarif edilmişse de paralize olmayan çocuklarda, rijid krikoid halka larinksin en dar fonksiyonel bölümüdür. Bu bulgularla ilgili bir kısıtlama da larinks görüntü değerlendirmelerinin solunumun tüm aşamalarını ayrıntılı olarak gösterecek şekilde yapılmamış olmasıdır. Spontan solunum sırasında vokal kord boyutlarında değişiklik olması durumundan bu yana, sedatize çocuklarda spontan solunumla vokal kordların

hareketi sırasında ölçüm yapılırken ortalama bir değerin alınmasına dikkat edilmelidir. Eğer hastaların önemli bir kısmında ölçümler bu şekilde yapılabilirse larinksin transvers yöndeki ölçümleri konikden daha çok silindirik olacaktır. Diğer bir açıklama da propofolün vokal kord pozisyonuna olan muhtemel etkisiyle ilgilidir. Yapılmış bir çalışmada köpeklerde, propofolün vokal kord abdükör (posterior kricoaritenoid kas) ve vokal kord tensör (kricotiroid kas) aktivitesini deprese ettiği gösterilmiştir ve bu çalışmada da çocukların vokal kord pozisyonu propofolden etkilenmiş olabilir (45, 49). Eckenhoff (43), 1951 yılında yayınladığı yeni ufuklar açan makalesinde infant larinksinin özellikleri ve anestezinin endotrakeal etkilerini açıklamıştır. Bu makale, çocuk üst solunum yollarının en dar noktasında krikoid kıkırdağın fonksiyonunu vurgulamak açısından bir ilk olmuştur.

Eckenhoff krikoid tabakaya üstten bakıldığında posteriora doğru eğimli olduğunu, larinksin çıkışının koninin en dar noktası olduğunu ancak dahası trakeanın da sefale doğru daraldığını iddia etmiştir. Eckenhoff, çocuk büyüdükçe krikoid plakanın daha vertikal ve larinksin giderek daha silindirik olduğunu söylediği bu bilgileri, kadavralarda kullanılan dolgu maddesi olan mulâjlar ve anatomik kesitlerle 4 ay 14 yaş arası 15 çocukta inceleme yapmış Bayeux(2)'tan elde etmiştir. Bayeux trakea veya glottisin en dar yerinin krikoid halka olduğunu belgelemiştir.

Eckenhoff ve Bayeux bulgularını tonik aktif larinks boyutlarının ölçüldüğü Litman'ın çalışmasının sonuçlarıyla doğrudan karşılaştırma yapılmasına izin vermemektedir. Litman'ın bulgularının klinik önemi şüpheli ve kuramsaldır. Ancak, bir tarafta, bu çalışma göz önünde bulundurularak paralize olmayan çocukta larinksin sefalik kısmında önlenemeyen mukozal hasarı oluşturan krikoid ring ölçülerine göre bir endotrakeal tüp seçimi önerilebilir. Diğer taraftan larinksin esneyebilen sefalik kısmının

relatif daha büyük endotrakeal tüp yerleşimi için daha uygun bir bölge olduğu söylenebilir. Krikoid halka ise rijid yapıda olması nedeniyle aşırı mukozal baskılara karşı skar ve  dem gelişimine eğilimlidir (45).

Otopsi alışmaları uzun süreli entübasyon ve mekanik ventilasyon ile oluşan ocuk laringeal patolojilerini açıklamaktadır. Sıklıkla larinksin girişini de kapsayan vokal kord seviyesinde ciddi hasarlar meydana gelmektedir (36, 50-54).

 zet olarak sedatize, paralize olmayan çocuklarda larinkste en dar yer glottik açıklık olup vokal kordların hizasında glottik açıklıktadır ve subvokal kord seviyesine yakın yerlerde çocukluk boyunca krikoid ring ile ilgili boyutlarda değişiklik bulunmamaktadır. Ek olarak gelişim boyunca krikoid ringin şekli değişmemektedir. Litman'ın bulguları, kronik entübe çocuklarda daha çok sefalik laringeal (glottik) alanda oluşan hasarın mekanizmasına mantıklı bir açıklama getirmektedir (45).

Dalal ve arkadaşlarının (17) 6 ay-13 yaş arası 128 infant ve çocukta laringeal boyutlarla ilgili veriyi ortaya koymuşlardır. Bu yayın, ocuk larinksinin koni şeklinden daha çok genellikle erişkindeki gibi silindirik olup yaşla değişmediğini ifade eden Litman'ın yorumlarını desteklemiştir. Dalal (55) tamamen farklı bir yaklaşımla videobronkoskopik görüntüleme kullanarak Litman ve arkadaşlarınıninkine benzer sonuçlar elde etmiştir. Litman'ın çalışmasında hastalar derin sedasyon altında spontan solurlarken, Dalal'ın çalışmasında ise hastalar anestezili, paralize ve apneik iken yapılmış olması iki çalışma arasındaki en önemli fark olmuştur. Çalışmanın başında anestezisi altında paralize hastanın farinks ve larinksine bir bronkoskopa girilmiştir. Anterior posterior ve transvers çaplar larinks boyunca karşılıklı olarak glottik ve subglottik alanlar ve krikoid ring ölçülmüş ve fotoğraflanmıştır (56).

Litman (45) ve Dalal'ın (17) çalışmaları arasında farklılık var mı ve eğer varsa pediatrik anestezi uygulamaları üzerine etkisi nasıl olur? Ortaya çıkan önemli bir sonuç krikoidin tamamen yuvarlak değil belli belirsiz epileptik olduğudur. En uygun küçük ETT uygulandığında eliptik krikoid girişi transvers mukozasında anteriorposterior segmentinden daha fazla bası ve iskemi olacaktır. Pediatrik larinks anatomisindeki bu yeni bilgiyle krikoid girişine rahatça yerleşecek, daha küçük dış çaplı, kafsız endotrakeal tüp gibi bir seçimin bilincinde olmak gerektiği ortaya çıkmıştır (56).

## **2.2. Normal infant ve pediatrik havayolu yönetimi**

### **2.2.1.Genel prensipler**

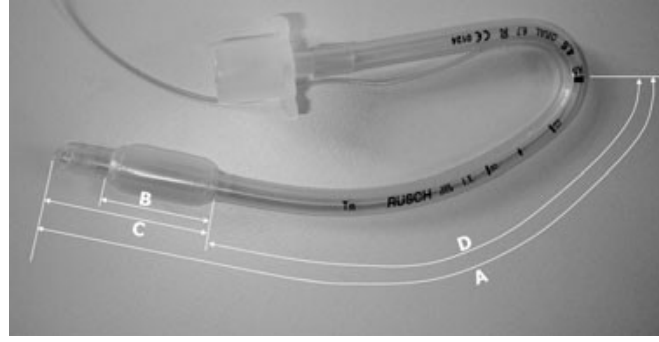
İnfant veya çocukta anestezi derinleştğinde, üst solunum yolunun gevşemesiyle hava yolunda obstrüksiyon gelişebilir. Bu durumda nitroz oksit kapatılıp, hastaya sadece oksijen ve inhalasyon ajanı verilmelidir. Havayolu obstrüksiyonu olursa, çocuğun ağzını açarak boynunu uzatmak ve çeneyi köşelerinden yukarı asmak genellikle kurtarıcıdır. Bazen bu noktada bir nazal ya da oral airway gerekebilir. İntravenöz bir yol mutlaka hazırlanmalıdır. Maske ile ventilasyonu tespit edilince direk laringoskopi ve entübasyonu kolaylaştırmak için kas gevşetici uygulanmalıdır. İnfant ve çocuk entübasyonu kas gevşetici olmadan da yapılabildiği halde direk laringoskopi ve entübasyonu kolaylaştırır ve laringospazm insidansını azaltır. Acil olmayan durumlarda infant ve çocukta 0,5-1 mg dozdan rokuronyum gibi nondepolarizan kas gevşeticiler kullanılabilir. Kas gevşetici uygulandıktan sonra asiste etmeyi unutmamak ve kontrollü ventilasyona başlamak önemlidir (40).

### **2.2.2.Laringoskopi ve entübasyon**

İnfant ve çocukta direk laringoskopi ve entübasyon uygulanırken omuz veya boyun altına destek koymak önemli bir yaklaşımdır. Dilin sola, laringoskop bleydinin ortaya ve endotrakeal tüpün ağzın sağ köşesine yerleştirildiği üç kompartmana bölerek ağızda görüş alanı oluşturmak en idealidir. Kord vokalleri görüş alanına getirmek için bazen tiroid veya krikoid kartilaj seviyesinde dışarıdan yumuşak bir bası gerekir. Hasta entübe edildikten sonra kapnograf ile göğsün inip kalktığına görülmesiyle ve lateralize olması ihtimali için her iki akciğerin oskültasyonu ile trakeal yerleşim doğrulanmalıdır. Çünkü infant ve çocuklarda trakea kısa olup yanlışlıkla trakeayı geçip ana bronşa girmek çok kolaydır. Kafalı bir tüp kullanıldığında suprasternal çentik üzerinden palpe edilerek doğru derinliğe yerleştirildiği tahmin edilebilir. Kafsız bir tüp kullanıldığında ise, direk laringoskopi uygulanırken endotrakeal tüpün vokal kordların iki çizgisi arasından geçildiğinin görülmesi veya ana bronşa kasıtlı olarak girilip endotrakeal tüpü karinadan yukarıya doğru 1-2 cm yavaşça geri çekerek ya da bilateral solunum sesleri oskulte edilerek endotrakeal tüpün doğru yerde olduğu tahmin edilebilir (40).

Çocuklarda kafa bağlı hiperinflasyon, trakeal tüp kaf dizaynındaki yetersizlik sonucu ortaya çıkabilen laringeal hasar gibi klinik sonuçlar pediatrik ETT'lerin kafının yerleşimi konusunu ilgi çeker hale getirmiştir (57-59).

Kafalı ETT'lerin internal diameteri (ID) kafsız tüplerden 0,5-1,0 mm daha küçük seçilir, eğimli şekil verilmiş kafalı ETT'ler kafsız ETT'lerden 0,5-1,0 mm daha geniş üretilmelidir (60).



**Şekil 9. Kafı bir tüp (A) tüpün distalinin dik açının merkezine olan uzaklığı. (B) kafın uzunluğu (C) tüpün distali ile kafın proksimal kenarı arasındaki mesafe. (D) kafın proksimali ile dik açının merkezi arasındaki mesafe**

İlk tasarlanan trakeal tüpler, oskültasyon yöntemiyle endobronşiale girmeden ulaşabileceği en derin noktaya göre dizayn edilmişlerdir (3). Tüp eğiminin lateralinde iki Murphy gözü eklenmiştir. Trakeal tüp kazara sağ ana bronşa ilerlerse güvenlik önlemi olarak bunlardan biri eğimin uzun, diğeri tam karşısında kısa tarafa olacak şekilde yerleştirilmiştir. Böylece bunlardan birisi sağ üst lobu, diğeri ise sol akciğeri ventile edebilecektir.

Yaşı büyük çocuklarda Khine formülü kullanıldığında ETT seçimi daha kısa ve daha küçük olan bir numara ile sonuçlanmış, kord vokallerle dişler arası mesafesi daha uzun olan bu büyük çocuklarda tüp kafı olması gerekenden daha yukarıya yerleşmiştir. Bu durumla sonuçlanmaması için tüp distalinin yerleştiği mesafenin 'güvenlik işareti' ile kafın üzerinde ETT'nin üzerinde gösterilmesinin gerektiği anlaşılmıştır. Subglottik alanda kaf basıncına bağlı mukoza hasarından korunmak için trakeal tüp yerleştirilirken glottik seviyede ya da altında ETT üzerindeki bu güvenlik işaretlerinin kontrol edilmesi önerilmiştir (61).

Anestezistlerin büyük kısmı çocuklarda kafı trakeal tüp kullanırken küçük bir 'emniyet kaçağı' olmasına izin vererek kaf basıncının kısıtlanabileceğini önermiştir. (43) Buna rağmen kafı ETT'ler küçük çocuklarda da giderek sevilmiş, düzgün ve güvenilir



tasarımlar tecrübesiz kullanıcılarda olabilecek hata ve havayolu yaralanmalarını da azaltmıştır (60).

Kafın bulunduğu alanda Murphy gözü olmadan trakeal tüp tasarımının daha düzgün olabileceği önerilmiştir. Tüp trakea duvarına dayandığında yetersiz kanlanmayı ve barotravma riskini önlemesi ya da trakeal karınaya tüpün ucu yerleştiğinde tek taraflı ventilasyona izin verebilmesi gibi Murphy gözünün avantajları bulunmaktadır. Ancak Murphy gözünün yararları gibi komplikasyonları da bulunmaktadır. Küçük infantlarda Murphy gözünün bulunduğu trakeal tüpün kullanılması bronşial entübasyonun tanınmasını güçleştirebilmekte, oskültasyonda her iki akciğer ventile olurken, hastanın hareketi veya ağız açacağı takıldıktan sonra yetersiz ventilasyon ve arteriyel desaturasyon ile ortaya çıkabilmektedir (62).

Bunların anlaşılmasıyla, her üretici kendi ürettiği pediatrik trakeal tüpün klinik değerlendirmesini temel alan 'önlem ikazları' ve yaşa dayalı ETT numarası seçiminin bir formülle sağlanabilmesinin gerekli olduğu düşünmüştür. Oral Microcuff PET, bazı kriterleri sağlamak üzere mikrokaş/derinlik işareti prensibi' ('Microcuff cuff/depth mark principle') dedikleri Mallinckrodt'un geliştirdiği üzerinde Murphy gözü olmayan tasarımı ile ETT'leri daha da modern hale getirmeye çalışmışlardır (63).

Kafı bir pediatrik ETT'nin uzunluğu, kaf pozisyonu ve tüp distalinin mesafesini gösteren güvenlik işaretleri özelliklerinin en iyi koşulları sağlaması gerekmektedir. Yani, trakeal tüpün distali güvenli bir derinliğe kadar ilerleyebilmeli, özellikle çok küçük infantlarda Murphy gözünden sakınılmalı, kaf uzunluğu azaltılmalı, kaf olabildiğince distale yerleştirilmeli, entübasyon derinlik işareti trakea içindeki kafın yerini tam doğru olarak gösterebilmelidir (60).

Kullanılan formüle göre infant ve çocukta uygun olduğu düşünölen kafli veya kafsız endotrakeal tüpler bir numara küçüğü ve bir numara büyüğü de beraber olmak üzere hazırlanır (40).

### **2.2.3.Pediatric anestezide endotrakeal tüp kafli mı kafsız mı olmalı?**

Endotrakeal entübasyon endikasyonları, havayolu açıklığını korumak, solunum ihtiyacını karşılamak, pozitif basınçlı ventilasyon, pozitif end-ekspiratuar pressure (PEEP), pulmoner boşaltım ve yeterli oksijeni sağlamaktır. Kısa süreli endotrakeal entübasyon, rutin olarak pek çok cerrahi girişimlerde ve uzun süreli entübasyon, yoğun bakım ünitelerinde kullanılır. Bununla birlikte entübasyonla ilgili problemler özellikle uzun süreli olanlarda yaşanır (64). Uzun süreli entübasyonun neonatal yoğun bakım üniteleri de dahil yoğun bakımlarda standart uygulanmaya başlanmasıyla, subglottik stenoz, uzun dönem morbidite ve mortaliteye yol açan önemli bir problem haline gelmiştir.

Entübasyonun endikasyonuna veya süresine bakılmaksızın, 8 hatta 10 yaş altındaki çocuklarda yalnızca kafsız endotrakeal tüplerin kullanılması gerektiği klasik bir düşünce olmuş ve kafli endotrakeal tüplerin çocuklarda kullanımı sadece spesifik endikasyonlar için önerilmiştir. (64, 65) Bu konu geniş çapta kabul görmüş ancak evrensel olarak onaylanmamıştır. Yeni literatürde ise pediatric anestezideki diğer efsaneler gibi, çocuklarda yalnız kafsız tüplerin kullanılması gerektiği hükmü ortadan kaldırılmıştır (66).

Çocuklarda kafsız tüpler kullanılması bilgisinin esası nedir? Ayrıca kafsız endotrakeal tüplerin güvenliği ve dayanıklılığı kanıtlandıysa niçin değişmiştir?

### **2.2.4. Çocuklarda kafsız endotrakeal tüp kullanımı**

Kafsız ETT'nin çocuklarda kullanılmasındaki asıl sebep, kafsız ETT'nin daha geniş iç çaplı bir ETT kullanılmasına olanak sağlamasıdır. Spontan soluyan hastada, tütün daha geniş çapı, hava akımına daha düşük resistans olanağı sağlar ve bu da solunum eforunun daha az artması anlamına gelir (64).

Çocuklarda sadece kafsız ETT kullanmakla ilgili ikinci sebep, kafalı ETT tarafından oluşturulan subglottik travmalardan korumasıdır. Pediatrik havayolunun en dar yeri, aşırı geniş kafalı ya da kafsız ETT'nin, en büyük basıncı oluşturulabileceği yer olan krikoid kırırdağıdır (43). Belitilen avantajlar ve kafsız tüp kullanımının memnun edici sonuçları, anesteziistleri kafsız ETT kullanımını benimsemeye yönlendirmiştir. Battersby (67) ve arkadaşları uzun süreli kafsız ETT ile yapılan nazoendotrakeal entübasyonun subglottik stenoza yol açmadığını, Black (68) ve arkadaşları ise uzun dönem kafsız ETT ile havayolu kontrolü sağlanan 3000 çocukta 25 cm H<sub>2</sub>O hava kaçağına izin verildiği halde subglottik stenoza ait herhangi bir bulguya rastlamadıklarını kaydetmişlerdir (64).

### **2.2.5. Çocuklarda kafalı endotrakeal tüplerden kaçınılmasının sebepleri**

Spontan soluyan çocuklarda solunum işini sınırlamak için daha geniş bir kafsız tütün kullanılmasının avantajına muhalif herhangi bir fikir olmamasına rağmen yıllardır süren araştırmalar, pek çok faktörün çocuklarda ETT kullanımının komplikasyonlarına katkıda bulunduğunu ve modern tasarıma sahip kafalı ETT'lerin güvenli ventilasyon sağladığını ve çocuklarda havayolu kontrolünde çok fazla tercih edildiğini göstermiştir (64).

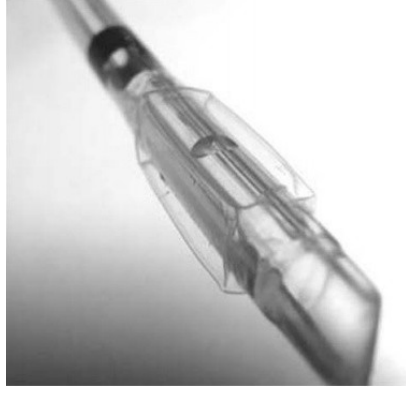
#### **2.2.5.1. Postekstübasyon komplikasyonlar**

Deakers (69) ve Newth (70) çalışmalarında çocuk yoğun bakım hastalarında kafli ve kafsız ETT arasında postekstübasyon krup, stridor ya da uzun dönem kullanıma bağlı sekel gibi komplikasyonların insidansında farklılık olmadığını göstermişlerdir. Dullenkopf ve arkadaşları (71) yüksek volüm-düşük basınçlı, poliüretan kafli bir ETT'ü kulanmanın postekstübasyon komplikasyonların insidansında artışa yol açmadığını son bildirilerinde kanıtlamışlardır.

#### **2.2.5.2. Endotrakeal tüp kafı**

Kafli ETT'ün büyüklüğünün itinayla seçilmesi ve 'minimal oklüzyon basıncı' sağlamak için kaf basıncının titizlikle monitörize edilmesi hala gerekmektedir. Aslında bütün kafli pediatrik tüplerin çapı daha küçüktür ve daha pahalıdır. Daha küçük olan çap, gaz akımında daha yüksek bir rezistansa, solunum işinde artışa ve trakeal vakumda zorlanmaya yol açabilir (72). Kafli tüp kullanımı doğru seçim gereksinimini ortadan kaldırmaz, fakat tüp değiştirme sayısını azaltabildiği düşünülmektedir (73).

Tüp kafının indirilmesi ile kaf membranının kenarlarının ve kıvrımlarının her respiratuar siklusta hareket etmesi havayolu mukozasında kesilere ve mukozal hasara yol açmaktadır (Şekil 10). Larinks içinde keskin kaf kıvrımlarının yaptığı mukozal hasar sonucu larinks içinde inflamatuvar bir reaksiyon başlar, granülasyon dokusu ve intra-laringeal fibrotik bant oluşumuna kadar gider (74).



**Şekil 10. Deflasyon, trakeal tüp kafında keskin katlantı ve kenarlar oluşturur. (ID 4,0 mm Rüschelit® Super Safety Clear tube)**

Çalışmalar, kafılı ve kafısız tüplerde entübasyon süresi ile laringeal mukozal inflamasyon arasında nedensel bir ilişki olduğunu göstermiştir (54, 75, 76). Örneğin, Joshi (54) ve arkadaşları kafısız ETT'ler kullanılsa bile entübasyon ne kadar uzun sürerse o kadar kötü görünümlü laringeal mukoza hasarına sebep olduğunu göstermişlerdir. Böylece, komplikasyonların oluşumu, kullanılan ETT tipine değil, entübasyon süresiyle ilgili olabilir görüşü ortaya çıkmıştır (64).

Yayınlarda bahsedilen ETT'lerin kafi yüksek basınç, düşük volümlü olduğu saptanmıştır. Yeni tasarım olan ETT'lerin kafi düşük basınç-yüksek volümlü olup, yapılan çalışmalarda subglottik stenoz gibi uzun dönem ETT kullanımıyla ilgili komplikasyonların oranında kafılı ve kafısız ETT arasında farklılık olmadığı gösterilmiştir (69, 77). Yeni tasarım kafılı ETT'lerden olan Microcuff PET; (Kimberly Clark, Health Care, Atlanta, GA, USA) anatomik tasarımı, yüksek volüm-düşük basınçli tüp kafi tüp seçimine yardımcı bir tablosunun olmasıyla, pediatrik anestezide yer edinmeye başlamıştır (63, 78).

### **2.2.5.3. Subglottik stenoz riski**

Diğer çalışmalar, ETT numarasının, ister kafalı, ister kafsız olsun, komplikasyon oluşumunda kilit rolü olduğunu göstermiştir.1965'te yayınlanan iki mihenk taşı çalışma uzamış nazotrakeal entübasyonun çocuklarda başarılı olabileceğini göstermiştir, fakat bu çalışmalar aynı zamanda subglottik stenozun da ilk olgu raporları arasında yer almıştır (79, 80). Bu çalışmalarda bu komplikasyon çok geniş tüplerin kullanılması ve tüplerin aşırı hareket ettirilmesiyle alakalı görülmüştür (64).

#### **2.2.5.4. ETT dış çapı**

Dış çapı (outer diameter, OD) büyük, kaf dizaynı kötü, üzerindeki tüp distalini gösteren güvenlik işaretleri hatalı ve gereğinden fazla şişirilmiş kaf, kafalı ETT'lerde belirlenen başlıca havayolu hasarlanmasının sebepleridir (8, 57, 81, 82).

Hava kaçağına bir miktar izin vermesi kafalı ETT'nin kullanımına eşlik eden mukozal iskemini oluşumunu önlemek için bir yol olarak önerilmiştir. Mukozal kapiller basınç (erişkinlerde) 25-30 mmHg arasında bulunmaktadır ve bazı anestezi uzmanları, iskemik hasardan sakınmak için kafı yalnızca 20 cm H<sub>2</sub>O (16 mmHg'e eşdeğer) şişirmenin gerektiğini savunmaktadırlar (83). Bununla beraber, çok fazla hava kaçağı güçlüklerle sebep olabilmektedir. ETT kaçağının miktarının hasta pozisyonundaki değişiklikler, sedasyon derecesi ve kas gevşemesiyle birlikte belirgin olarak değişmesi durumu daha karışık hale getirmektedir (47).

#### **2.2.5.5.Kaf basıncı monitorizasyonu**

Hiperinflasyon, kapiller kan akımının durmasından sonra mukozal hasara inflasyonun az olması ise aspirasyon riskinde artışta yol açmaktadır (84, 85). Lomholt (86) gaz kaçağını ve aspirasyon riskini önlemek için 20 cm H<sub>2</sub>O'lik bir kaf basıncını önermiştir.

Asıl dikkat edilmesi gereken ana konu kaf basıncının 20–30 cm H<sub>2</sub>O arasında tutulmasıdır (87, 88).



**Şekil 11. Kaf manometresi**

Weiss 2009 yılında, önerilen tüp numaraları seçilerek kullanılan Microcuff PET ile kafsız tüplerin karşılaştırıldığı çalışmada küçük çocuklarda postekstübasyon stridor artışının olmadığını ve kaf basıncının  $\leq 20$  cm H<sub>2</sub>O olarak sınırlandırıldığında kullanımının güvenli olacağını göstermiştir (89).

Uygun büyüklükteki, kaf dizaynı iyi olan, kaf basıncı takibinin yapıldığı kafli ETT'ler, kafsız ETT'lerden çok daha fazla avantaj sağlamaktadır. Havayolu morbidite artışı yapmadan, postekstübasyon stridoru arttırmadan küçük çocuklarda kafli tüpler güvenle kullanılabilir (89).

Kafli tüpün diğer avantajı, kaf volümünün, hava kaçağını kapatmak için ayarlanabilir olmasıdır (yaklaşık 20 cm H<sub>2</sub>O). Bu, hava kaçağı olan kafli ETT'ün, değişik boyutlarda kafsız ETT yerleştirmek için yeniden laringoskop kullanılması yerine kafa hava eklenmesiyle kontrol edilebildiği anlamına gelir (77, 90). Birçok kez yapılan entübasyonlar, entübasyon ilişkili travmalardan bağımsız bir risk faktörüdür (77).

Kafalı ETT'teki kaf, aspirasyon ve havayolu kontaminasyon riskinin azaltılmasına, geliştirilmiş end-tidal CO<sub>2</sub> monitorizasyonuna 'National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)'(Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü) tarafından önerilen operasyon odasının anestezi gaz ile kontaminasyonun daha az olmasına olanak sağlamaktadır (4, 77). Ayrıca az tecrübeli anestezi uzmanların, kafalı ETT ile entübe bir hastayı az ventile etme ihtimalleri de daha düşüktür (90).

Genel anestezi süresince, özellikle de nitroz oksit uygulaması boyunca doğru ETT basıncı sağlamaya dikkat edilmelidir. Nitroz oksit, kaf içine diffüze olur; kafın içindeki basıncı artırır, laringeal ve trakeal mukoza iskemisi riskini arttırmaktadır (77). ETT'teki kafın şişme basıncını ölçmek ve monitorize etmek için bir manometre kullanılması tavsiye edilmektedir (64).

Khine ve arkadaşları (77), ETT'den artmış hava kaçağı, operasyon odasındaki anestezi gaz konsantrasyonunu 'National Institute of Occupational Safety and Health' tarafından önerilen seviyenin üstüne çıkarabilir ve operasyon odasının anestezi gazlarla kirlenmesi (özellikle N<sub>2</sub>O) ameliyat odasında çalışan gebe personel arasında abortus insidansında artmaya sebep olmaktadır.

Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, anesteziyolojist pediatrik kafalı tüplerle ilgili üretim hatası olabileceğine karşı uyanık olmalı, kafalı tüp seçiminde havayolu hasarına yol açma ihtimali en az olanı tercih etmeli, trakeanın tahmini uzunluğuna göre kafsız tüp OD'si ile karşılaştırarak kaf pozisyonu ve OD'sini kontrol etmelidir (82). Kafalı tüplerin tasarımı, özellikle kaf yerleşiminin yüksekliği ve derinlik işaretleri hakkında yaşa göre anatomik ölçümlerle uyumu yeniden gözden geçirilmelidir (8).



### **2.3. En uygun endotrakeal tüp seçiminde kullanılan yöntemler**

Genel anestezi ve yoğun bakım pratiğinde çocuklara doğru ETT'nin seçilmesi çok önemlidir. Uygun ETT hazırlığı yapılmazsa entübasyon zamanını ve denemelerini arttırmaktadır. Gereğinden daha büyük ETT ile çok sayıda entübasyon denemesi havayolu travmasına sebep olmakta ve postoperatif krupu arttırmaktadır (73, 91, 92). Uzamış entübasyon zamanı ise hipoksemi ve hipokseminin komplikasyonlarına yol açabilmektedir (73).

Çocuklarda doğru ETT kullanımını kolay ventilasyon sağlamakta ve 20-25 cm H<sub>2</sub>O hava kaçağı bir basınçla havayolunun korunmasına yardım etmektedir (73, 91, 93). Daha küçük kafsız ETT kullanımını aspirasyon ihtimalini arttırmakla beraber, mekanik ventilatörde ayarlanmış tidal volümde sürekli değişime ve de ameliyathane odasında gaz birikimiyle evre kirliliğine de yol açmaktadır (73).

Bir ocuğun trakea, yaş, boy, kilo ve serçe parmak çapları ETT hazırlığı yapılırken kullanılan klinik parametrelerdir (94-101).

#### **2.3.1. Yaşa dayalı yöntemler**

ocuk hastalarda, bir endotrakeal tüpten beklenen kolay ventilasyonu sağlayacak kadar geniş postoperatif kruptan sakınacak ve 20 ila 25 cm H<sub>2</sub>O basınç ile kaçağı önleyecek kadar küçük olmasıdır (91, 102). Anestezi indüksiyonu öncesi kafsız endotrakeal tüp boyutunu doğru tahmin etmek önemlidir (41).

Yaşa dayalı formüller ve yönergeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu formüller genellikle batılı çocuklara dayanan eski verilerden oluşmaktadır (9, 95, 103).

### **2.3.1.1.Cole formülü (9)**

Kafsız ETT için internal diameter, iç çap ID( mm) = (yaş+16) / 4

2 yaşından daha büyük olan çocuklarda kafsız trakeal tüpler geleneksel olarak

ID (mm) = (yaş/4) + 4,0 olan modifiye Cole formülü kullanılarak seçilmektedir (104).

### **2.3.1.2.Corfield formülü (95)**

Kafsız ETT için internal diameter, iç çap ID (mm)= (yaş+ 18) / 4

### **2.3.1.3.Khine formülü (77)**

**Kafli ETT için internal diameter, iç çap (ID) mm = (yaş/4) + 3**

**Kafsız ETT için internal diameter, iç çap (ID) mm = (yaş/4) + 4**

Pediyatrik anesteziyolojist rutinde en uygun olan tüpü bulabilmek için, kullanılan tüp hastaya uygun değilse bir büyük ya da bir küçük numaralı ETT değişikliğine gider (4, 105). Laringeal çaplardaki varyasyonlar nedeniyle kafsız ETT seçiminin gerekirse tüp değişikliği yaparak bulunması gerekmektedir (77, 105).

Khine ve arkadaşları başlangıç tüp seçiminde belirledikleri protokolü kullanarak seçtikleri kafli ETT ile reentübasyon gereksiniminin azaldığını bulmuşlar (77).

Khine ve arkadaşları özellikle Cole'un (9) kafsız tüplerde yaşa dayalı formülünün modifiye edilmiş halini kullanarak 1 yaşından küçüklerdeki tüp seçimi yapmışlar ve bu yöntemin 2 yaşından küçük çocuklarda genel pratikte kesine yakın bir yaklaşım olacağını düşünmüşlerdir (77).

### **2.3.1.4.Penlington formülü (103)**

Kafsız ETT için internal diameter, iç çap (ID) mm = ( yaş/4 ) + 4,5

### **2.3.1.5.Motoyama formülü (65)**

Kaflı ETT için internal diameter, iç çap (ID) mm = (yaş/4) + 3,5

### **2.3.1.6.Steward ve Lerman yaklaşımı (106)**

Kafsız ETT'ler için trakeal tüp numarası doğumdan ilk 5 aya kadar (ID) 3,5 mm, 5 ay <1yaş arası ID 3,5 mm, 1 yaş <1,5 yaş arası ID 4,0 mm, 1,5yaş <2 yaş arası ID 4,0 mm, 2 yaş <3 yaş arası ID 4,5 mm, 3 yaş <4 yaş arası ID 4,5 mm, 4 yaş <5 yaş arası ID 5,0 mm olarak önerilmiştir (106).

Steward ve Lerman 3 kg'dan ağır olan yenidoğanlarda, 1 yaşından küçük olan infantlarda, ID 3,0 mm kaflı ETT ve 1-2 yaş arası çocuklarda genellikle Khine ve arkadaşlarının kafsız ETT için önerdiği ID'den 0,5 mm daha küçük ID=3,5 mm kaflı ETT kullanımını tavsiye etmektedir (106).

### **2.3.1.7.Yeni yaklaşım (New recommendation) (104)**

Küçük çocuklarda kaflı ETT kullanımı pediatrik anestezi ve yoğun bakım tedavisinde giderek daha da yaygınlaşmıştır (64, 70, 77, 107, 108). Kaflı pediatrik ETT'nin ID'si, aynı yaşa göre seçilen kafsız ETT'den 0,5 – 1,0 mm daha küçüktür (45, 59).

Daha küçük ID'si olan trakeal tüplerde solunum işinin artması, trakeal tüp obstrüksiyonu ve trakeal vakumlamanın güçleşmesi gibi sebeplerden dolayı kaflı ETT seçiminin dezavantaj olduğu düşünülmüştür (59, 82). Bu nedenle son zamanlarda ikinci nesil Microcuff pediatrik ETT (PET; I-MPEDC, Microcuff GmbH, Weinheim, Germany)

OD'yi en uygun hale getirerek, tüpün üzerindeki işaretlerle distalde kalan t p uzunluğunu tam doğru Şekilde göstermiştir (104).

'New recommendation' olarak adlandırılan yeni yaklaşım ikinci nesil Microcuff pediatrik ETT'ler için d ş n lm ş bir yöntemdir. Trakeal t p numarası doğumdan ilk 6 aya kadar ID 3,0 mm, 6 ay <18 ay ID 3,5 mm, 18 ay <3 yaş ID 4,0 mm, 3 yaş <5 yaş ID 4,5 mm olarak önerilmiştir (104).

Sonuç olarak, 'new recommendation' OD'nin ID'ye oranını göz önünde bulundurarak geliştirilmiş, küçük çocuklar için ETT ile ilişkili havayolu morbiditesinin bir belirtisi gibi d ş n len postentübasyon stridor olmadan, ID'si daha geniş, kaflı ikinci nesil Microcuff PET kullanımı için hazırlanmış bir yaklaşımdır (104).

### **2.3.2. Uzunluğa dayalı yöntem**

#### **2.3.2.1. Broselow şeridi**

Broselow şeridi (Broselow® Pediatric Emergency Tape, 2002 Edition A, Drs. James Broselow and Robert Luten, Armstrong Medical Industries, 575 Knightsbridge Parkway, Lincolnshire, IL 60069, USA) batı verilerinde boy/kilo korel syonuna göre geliştirilmiştir. Bu şerit, supin pozisyondaki çocuğun boy uzunluğunu kullanarak vücut ağırlığının tahmini ve ilaç dozlarının yanında ETT numarasının tahmini için tasarlanmış ve resüsite edilen çocuklarda boy uzunluğu kullanılarak gerekli ekipmanların hazırlanması bu şeritle sağlanmıştır (109-111). Bu şerit, Advanced Trauma Life Support (10) and the Pediatric Advanced Life Support tarafından son yıllarda önerilmiştir (109). Avrupa ve Amerika'da pediatrik hastalarda ETT t p seçiminde Broselow şeridinin kullanımı onaylanmıştır (109, 110, 112).

Şeritte, gerekli tüm dozlar ve ETT büyüklüğü gibi detaylar acil müdahaleler için renk kodları olarak sıralı kutular halinde bulunmaktadır. Şeridin sonundaki kırmızı renkte bir ok supindeki çocuğun başına hizalanarak çocuğa paralel yatırılır. Çocuğun ayağının bitişine denk gelen renkteki kutuda tahmini dozlar, sıvı miktarı ETT numarası, ilaçlar ve diğer aletlerin tahmini değerlerini gösterir. Bu yöntem, ezber ve matematiksel hataların giderilmesini ve kurtarıcının acil tedavinin diğer basamaklarına dikkatini yoğunlaştırmasını sağlamaktadır (113).

Pediyatrik acillerde, ilaç dozlarının tahmininde boy uzunluğu temel alınmaktadır (113-115). Acil durumlarda çocuklarda yaşa dayalı boy tahmininin yapılmasında ise hata oranı yüksek olarak bulunmuştur (116, 117). Ancak, yaşa göre boyun yanlış tahmin edilmesi, yapılan müdahalelerde yan etki ve toksisite artışına sebep olabilmektedir (118). Bu nedenle acil durumlarda çocuklarda boy ölçümü altın standart olarak kabul edilmiş, ancak çocuğun boyunu hemen ölçmek pek de pratik olmamıştır (113).

Nelson Textbook of Pediatrics (Nelson Formula), Advanced Pediatric Life Support (APLS) ve Argall's modification yaşa dayalı boy tahmininde en yaygın kullanımda olan formüllerdir (119-121). Bu formüller batı popülasyonlarında geçerli olarak kabul edilmektedir (113, 122, 123).

Broselow şeridi, normal ölçüden hafifçe küçük olmasına rağmen ETT seçiminde oldukça iyi bir yöntem olarak kabul edilmekte olup Avrupa ve Amerika'ya ait çalışmalarda ETT değerlendirilmede de en kesin yöntem olduğu bildirilmiştir (109, 110, 113). Gerçek şu ki, bu şerit boya bağlı olmaktadır ve diğer ülkelerin çocuk popülasyonunda olası yaş grubunda boy ortalaması farklı olabilmektedir.

Broselow şeridi, hastanın boyunu ölçerek doğru bir kilo tahmininde bulunmayı

amaçlamakla beraber, bu şerit, çalışma hastalarının kilosunu olduğundan bir miktar daha az göstermiştir. 20 kg ve altındaki daha küçük çocuklarda bu fark göz ardı edilebilir, fakat 20 kg'ın üstündeki çocuklarda bu farkın belirgin olduğu görülmüştür (109).

Broselow şeridi ile ETT seçimi, yaşa dayalı formüllerle yapılan tahminlere göre klinik gereksinimleri daha iyi karşıladığı düşünülmektedir. Formülün kullanılmasındansa şerit kullanılarak yapılan seçimlerde daha doğru sonuç elde edilmektedir. Dahası şeridin kiloyu bir miktar daha az göstermesi sayesinde yaşa dayalı formülle yapılan girişimlerde daha sık rastlanan havayolu hasarının da önüne geçilebildiği düşünülmektedir (109).

Aynı yaş grubundaki çocuklarda boy ve kilo farklı farklı olabilmektedir. Geleneksel yaş formüllerine göre yapılan uygun ETT tahmini çoğu kez yanlış çıkmaktadır (73).

Uzunluğa dayalı seçim, kritik çocuk hastalarla ilgilenen acil doktorları ve paramediklerin acil araç ve gereçlerin hazırlığında önemli bir yol gösterici olarak kabul edilmektedir. Uzunluğa dayalı ETT seçimi, hastanın yaşını hatırlamanın ve tamin etmenin zor olduğu yaşa dayalı formüllerden açıkça daha üstün olarak görülmüştür (110).

#### **2.3.2.2. Wang formülü (124)**

İnternal diameter, iç çap (ID) mm = 2 + boy(cm)/30

#### **2.3.3. Ağırlığa dayalı yöntemler**

Pek çok etnik grubun bulunduğu Kuzey Amerika pediatrik populasyonunda veya bazen aşırı beslenme alışkanlığı olan obez hastalarda yaşa dayalı formüllerin temsil yeteneği çok iyi olmamıştır (125-127). Bu nedenle en uygun ETT seçimine yardımcı olabilecek bir yeni formül arayışına gidilmiştir. Bunlardan biri de kiloya dayalı formül olmuştur.

Kiloya dayalı formül orofasiyal yarık ve malnütrisyonu olan çocuklarda yapılmış klinik incelemeleri içeren yayınlara dayanmaktadır (11, 65).

#### **2.3.3.1. Eck ve arkadaşları (128)**

Kafsız ETT için internal diameter, iç çap (ID) mm = 3,6 (mm) + (weight / 12)

#### **2.3.3.2. Eipe ve arkadaşları (125)**

Kafsız ETT için internal diameter, iç çap (ID) mm = 3,5 (mm) + (weight / 10)

#### **2.3.4. Çoklu değişkenlere dayalı yöntem (Multiple variables)(128)**

1 yaş altı; ID mm = 2,45 + (age x 0,6) + (height x 0,009) + (weight x 0,05)

1-7 yaş arası; ID mm = 3,25 + (yaş x 0,15 ) + ( boy x 0,008) + ( kilo x 0,018)

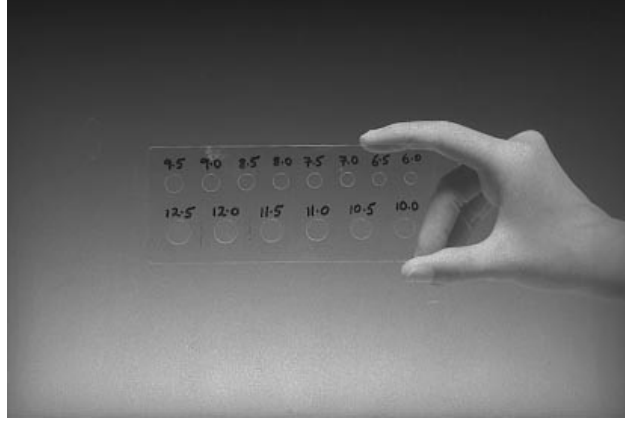
7 yaş ve üstü; ID mm = 2,44 + ( yaş x 0,1 ) + ( boy x 0,02) + ( kilo x 0,016)

En uygun kafsız ETT seçiminde kullanılan bir diğer uygulama da çoklu değişkenlere dayalı yöntemdir. Amaç ilk seferde doğru tüpü yerleştirmek olup Eck ve arkadaşları bu yöntemi geliştirerek uygulamışlardır. Yapılan karşılaştırmada çoklu değişkenlere dayalı yöntem yaş, boy ve kiloya göre daha üstün bulunmuş (128).

#### **2.3.5. Serçe parmak çapı (12)**

Serçe parmak ya da işaret parmağının distal falanksının çapıyla TT OD'si ile aynı ölçülere

sahip en iyi gösterge olduğu belirtilmiştir (12, 129, 130). Berg ve arkadaşları tarafından serçe parmak çapının ETT OD'sini gösterip gstermediğiyle ilgili çalışma 1997 yılında yapılmıştır (12).



**şekil 12. Yapılmış bir çalışmada parmak çapını ölçmede aşağıdaki resimde gösterilen alet kullanılmış. (12)**

### **2.3.6. Kaf kaçak testi yöntemi**

Uygun ETT numarasının belirlenmesinde önerilen yöntemlerden biri de kaçak testi yöntemidir. Testin uygulaması duyulabilen gürültülü ETT ve trakeanın duvarı arasından gaz kaçışının işitilmesiyle basıncın değerlendirilmesine dayanmaktadır (131).

Finholt, Henry ve Raphaely, paralizinin ve baş pozisyonunun kaçak testini etkilediğini bulmuşlardır (47).

Bu yöntem uygulanırken daha yüksek basıncılarda kaçak testi yapıldığı zaman, kaçak basıncının belirlenmesinde gözlemciler arasındaki fark artmaktadır. Finholt, Henry ve Raphaely, nöromuskuler blokajın seviyesinin, taze gaz akımının ve baş poisyonunun kaçak testinin etkilediğini bulmuşlardır. Kaçak basıncının optimal limitleri laringeal injuriden sakınmak ve yeterli ventilasyonun sağlanmasında kullanılır (131).



Koka ve arkadaşları kaçak basıncı 25 cm of H<sub>2</sub>O'dan büyük olduğu zaman post-entübasyon krup insidansının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda krup insidansının 1-4 yaşlar arası, bir saatten uzun süren cerrahilerden sonra ve cerrahi sırasında pozisyon değişikliği ile ilgili olduğunu göstermişlerdir (91).

Lee, Templeton ve Dougal krup öyküsü olmayan hastalarda postentübasyon krup ve ETT uygunluğu arasında bir ilişki olmadığını ileri sürmüşlerdir (92).

Ancak, önceden krup öyküsü olan hastalarda 20 cm H<sub>2</sub>O'nun üstünde kaçak basıncı ile postentübasyon krup insidansının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Daha sonra, Litman ve Keon, önceki çalışmalarda postentübasyon krup insidansının daha düşük olduğunu bildirmişler. Krupun tanımlanmasında daha bağlayıcı kriterler kullanmışlar ve eğer kaçak 40 cm of H<sub>2</sub>O'nun üstünde ise ETT'ü rutin olarak değiştirmişlerdir (93).

Cerrahi süresinin bir saati aşması beklenen ve kaçak basıncı >40 cm H<sub>2</sub>O olduğu zaman ETT'yi değiştirilen 242 hasta prospektif olarak incelenmiş hastaların hiç birinde post-entübasyon krup gelişmemiştir. Ancak bu yöntem kullanılırken hastaların havayolunda anatomik değişikliklerin bulunmasıyla ETT ve trakea duvarından hava kaçağı sesinin nasıl olacağı açık değildir. Havayolu basıncı arttıkça trakeal mukoza yavaş yavaş çekilerek ETT etrafından işitilebilir bir gaz kaçağı sesi oluşturacaktır. Ancak kaçak basıncı arttıkça gözlemciler arasındaki değerlendirme farkı da artacaktır. Bu nedenle ETT'lerin değiştirilmesinde kaçak basıncında rijit bir üst sınır belirlenmesinin anlamsız olduğu düşünülmektedir (131).

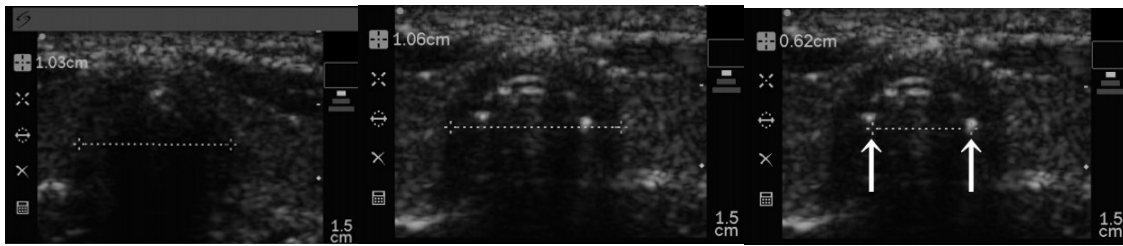
### **2.3.7. X- ray göğüs grafisi**

Sakuraba ve arkadaşları (14) göğüs X-ray grafisinin, çoğu hastada preoperatif istenen bir tetkik olduğunu ve trakeanın çapını değerlendirmek için kullanılarak hasta için en uygun büyüklükteki ETT numarasının bu yolla saptanabileceğini önermiş ve uygulamıştır.

Her ne kadar X-ray ile trakeal çap ölçülebiliyorsa da bu yolla her zaman tam kesin bir sonuç elde edilememektedir. Yaş, boy ve kilo ile X-ray arasında daha önceden yapılan çalışmalarda korelasyon değerlendirilmiş trakeal çapın tahmininde yaklaşık sonuçlar elde edilebildiği gösterilmiştir (14).

### 2.3.8. Ultrasonografi

Yapılmış çalışmalarda, sağlıklı pediatrik hastalar ve genç erişkinlerde ultrasonografi ile subglottik çapın ölçülebileceği gösterilmiştir (132). Shibasaki ve arkadaşları (13) USG ile subglottik çapı ölçerek en uygun OD'si olan ETT'yi belirlemeye çalışmışlardır.



a

b

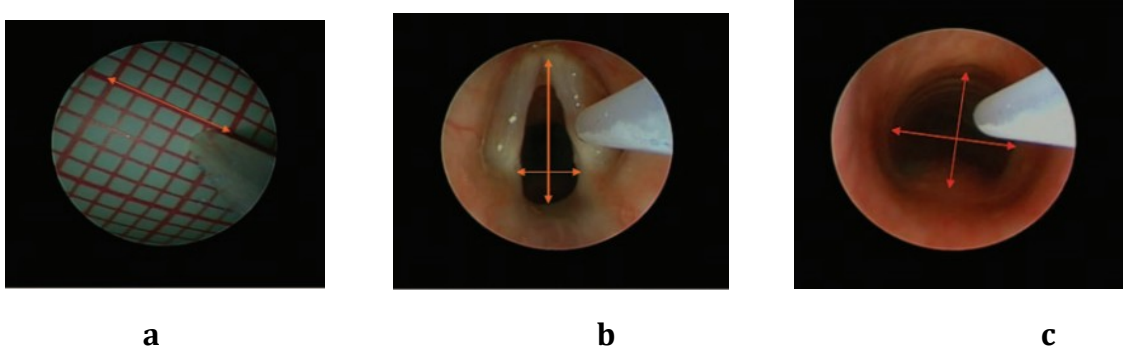
c

**Şekil 13. a) Trakeal entübasyon öncesi subglottik çap ölçümünün USG ile görüntüsü, b) Trakeal entübasyon sonrası, c) Trakea içinde ETT OD'si ölçümü.**

### 2.3.9. Videobronkoskopi

Pediatrik dönemdeki koni şeklienden erişkindeki silindirik şekle dönüşümünü saptamak gerekliliği düşünülerek hava yolu boyutlarındaki dönüşüm, hava yolu yönetimiyle kafli

mı kafsız mı tüp kullanmanın daha iyi sonuç vereceğini araştırmak üzere Dalal ve arkadaşları tarafından (133) 6-13 yaş arası 135 çocukta videobronkoskopik teknik kullanılarak glottik açıklık ve krikoid ringin superior görünümü hizasında yapılan ölçümler incelenmiştir.



**Şekil 14. Videobronkopskopi ile laringeal çap ölçümleri a) katater ucu grafik kâğıdı üzerinde b) glottis c) krikoid**

Larinksin kesin boyutlarıyla ilgili hatırı sayılır farklılıklar olmasına rağmen, yaş sırasına göre tutarlı bir ilişki bulunmakta olduğu, krikoidde koninin apeksiyle koni şeklinden daha çok çocuklarda ve infantlarda pediatrik larinks ve krikoid silindirik şekilde olduğu, ancak havayolu glottisin hizasında hızlıca sivrilerek bir koniye dönüşerek sağlıklı çocuklarda krikoidden sonra havayolu çapının azalmamakta olduğu tespit edilmiştir (133).

Bu araştırma sonucunda elde edilen pediatrik larinksin genel tanımındaki farklılık aslında önceki çalışmalarda pediatrik üst solunum yolu ölçümlerinin az sayıda postmortem vakada uygulanması, postmortem kas tonusu ve mukozal membrandaki değişikliklerle alakalı olabilir (41, 134-136).

Too-Chung ve Green (135) krikoid alanın, yaş ve boya göre kilo ile daha tahmin edilebilir olduğunu bildirmişlerdir. Dalal'ın videobronkoskopik önceki çalışmalardan

bazıları dikkate alındığında, bütün krikoid anteriorposterior çapların krikoid transvers çaptan daha büyük olduğu gözler önüne serilir (7,7 vs 7,2 mm, ayrı ayrı) ve krikoidin dairselden daha çok elipsoid olduğu öne sürülebilir (45, 134, 135).

Bu fikir Eckenhoff'un tanımının zıddıdır (43). Bu buluş çocuklarda kaflı ETT kullanımıyla ilgili anatomik prensipleri şekillendirebilir (60, 137). Çok sayıdaki diğer çalışmaların aksine, bu alanlar trakeal tüp geçişinde daha etkin olduğu için glottis seviyesiyle krikoidi karşılaştırılmıştır (45, 138). Son olarak, bütün seviyelerde büyümenin bir belirtisi bu alanın ölçümüyle ortaya çıkarılır (135).

Bu görüşler temel alındığında, klinik uygulamada, glottis ETT ile gerilmiş olabilir ve çocuklarda yapısal hasar hem kısa hem uzun dönem bir potansiyel, her ne kadar yaygın olmasa da karşılaşılabilen bir durum olarak görülür (54, 58, 139).

Bu çalışmaya göre, anestezi verilmiş paralize çocuklarda, bebeklikten adolesansa kadar glottis krikoidden daha dardır. Pediatrik larinks koni şeklinden daha çok silindriktir ve pediatrik koni şeklinden erişkin silindirik larinksine yaşa bağlı bir dönüşüm gözlenmemiştir (133).

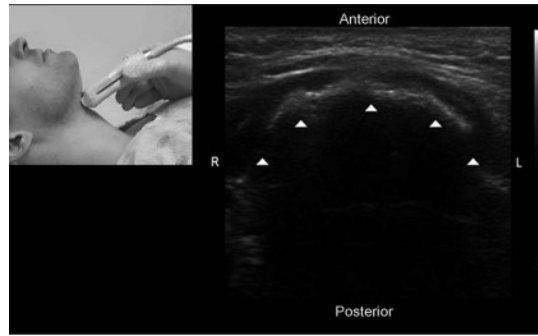
## **2.4.Larinksin değerlendirilmesinde ultrasonografi**

### **2.4.1.Havayolu değerlendirmesinde sonografinin yapılışı**

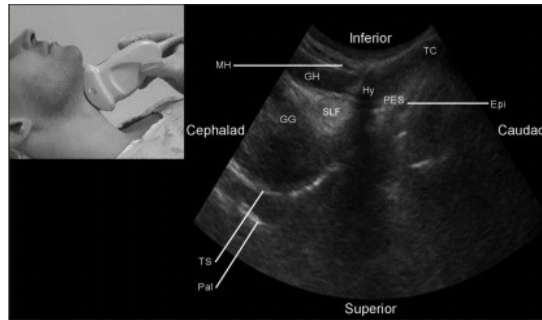
Üst solunum yolu sonografisi yatak başı havayolu değerlendirmesinde klinik metotları tamamlayıcı bir teknik olarak faydalı olabilir. Ultrason üniteleri, yoğunbakım, ameliyathane, acil servis gibi alanlarda zorunlu bir teçizat olarak giderek daha fazla yer almaya başlamıştır. Ancak günümüzde ultrasonografik havayolu değerlendirmesiyle ilgili yayınlar kısıtlıdır (19, 140, 141).

### 2.4.1.1.Hiyoid kemik

Hiyoid kemik üst solunum yolunun görüntülenmesinde iki alan oluşturan bir sınır taşıdır: suprahiyoid ve infrahiyoid alan. Hiyoid kemik transvers bakışta superfisiyal hiperekoik ters U-şeklinde posterior akustik gölgeli lineer bir yapı olarak görüntülenir. Saggital ve parasagittal bakışta, hiyoid kemik akustik gölge veren kıvrımlı dar bir hiperekoik yapı olarak karşı kesitte görüntülenir (19).



**Şekil 15. Linear bir transduser kullanılarak orta hatta transvers bir görüntüde hiyoid kemiğin sonografisi. Hiyoid kemik ters U şeklinde hiperekoik eğimli bir hat şeklinde izlenmektedir.**



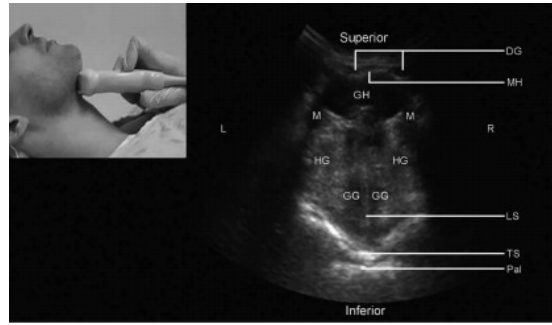
**Şekil 16. Uzayan submandibuler saggital kesitinde eğimli bir transduser kullanılarak görüntülenmektedir. Dilin dorsalinde hiyoid kemik(Hy), epiglottis(Epi), ve laringeal girişin sonografik görüntüsü. G, genioglossus; GH, geniohiyoid; MH, milohiyoid; PES, preepiglottic space; Pal, palate; SLF, sublingual fat; TC, tiroid cartilage ve TS, tongue surface.**

### 2.4.1.2.Suprahiyoid alan

Suprahiyoid alanda yapılar eğimli düşük frekanslı transduser öncelikli olarak görüntülenir. Penetrasyon derinliğindeki artış ağız tabanındaki daha derin yapıların daha iyi görülmesine izin verir ve anatomik yapılar ve birbirleriyle olan ilişkisinin tanınmasında daha geniş bir alanda daha kolay görüntü alınmasını sağlar (19).

#### 2.4.1.3.Ağız tabanı

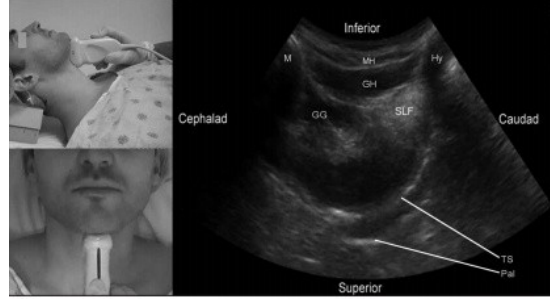
Birkaç farklı kas tabakası submandibuler pozisyonda transvers bakışta göze çarpar. ( transduser hiyoid kemik ve mentumun arasına yerleştirilir) En yüzeysel tabaka platizma kası (sıklıkla subkutanöz dokudan ayırt etmek zordur.) milohiyoid kası takip eder, dokunun ince kıvrımlı bir şeridi her iki tarafta mandibula ramusuna tutunur (19).



**Şekil 17. Eğimli bir transduser ile submandibuler pozisyonda transvers görüntü. (Mentum ve hiyoid kemik arasında orta hatta)Ağız tabanındaki anatomik yapılar görülmektedir. Milohiyoid muscle (86).Digastric muscle anterior karnı (DG). Lingual septum (LS).Genioglossus GG. GH, geniohiyoid; HG, hiyoglossus; LS, lingual septum; M, mandible; Pal, palate ve TS, tongue surface.**

Digastrik kasın ön karnı dairesel hipoekoik bir yapı olarak milohiyoidin karşısında süperfisiyal yapı olarak görülür, ancak intermediate tendon ve digastrik kasın posterior karnı mandibuler ramus nedeniyle görüntülenemez. Geniohiyoid kası daha kalın ve milohiyoid kastan daha derin hipoekoik olarak görülür. Genioglossus kası hipoekoik ve çizgili ve geniohiyoid kasın daha derininde ve lingual septumun her iki tarafında uzanır (19).

Saggital bakışta, milohiyoid ve geniohiyoid kaslar mandibula ve hiyoid kemik arasında lineer hipoekoik uzayan şeritler şeklinde görülür. Genioglossus ve hiyoglossus kasları geniyohipoidden daha derinde uzanır (19).



**Şekil 18. Submandibuler pozisyonda eğimli transduser kullanılarak mentum (M) ve hiyoid bone (HB) arası görüntü. Sonogram dil ve ağız tabanını göstermektedir. GG, genioglossus; GH, geniohiyoid; MH, milohiyoid; Pal, palate; SLF, sublingual fat ve TS, tongue surface.**

#### 2.4.1.4.Dil

Dil ağız tabanını kaslarından daha derinde görüntülenir. Dilin 6 eksantrik kası, geniohiyoid, genioglossus ve hiyoglossus kasları sonografide görülebilir. Stiloglossus, faringeoglossus ve palatoglossus kasları mandibuler ramus ve mastoid nedeniyle gizlenmiştir. Dilin intrinsik kasları sonografide dile çizgili bir görünüm verir (19).

#### 2.4.1.5.Tükrük bezleri

Tükrük bezleri homojen hiperekoik bir görüntüye sahiptir ve mandibulaya paralel submandibuler alana yerleştirilmiş bir lineer transduser ile en iyi görüntüleme sağlanır. Submandibuler glandtrianglerdir ve sublingual glandların posterioruna yerleşmiştir (19).



**Şekil 19. Submandibuler pozisyonda mandibulaya paralel lineer transduser kullanılarak alınan lateral oblik görüntü. Sonogram submandibular gland (Sub GI) ve the milohioid muscle (MH) göstermektedir.**

#### **2.4.1.6.İnfrahiyoid alan**

Eğimli düşük-frekanslı transduser saggital düzleme yönlendirildiği ve submandibuler bölgede suprahiyoid orta hattındaki yapılar tek bir bakışta görüntülenebilir. Ancak lineer yüksek-frekanslı transduser, infrahiyoid bölgedeki anatomik yapıların detaylı incelemesinde en kullanışlı olandır (19).

#### **2.4.1.7.Tirohiyoid membran**

Tirohiyoid membran hiyoid kemiğin kaudal kenarı ile tiroid kartilajın sefadal kenarı arasındadır. Epiglottisin görüntülenebileceği sonografik bir pencere oluşturur. Tirohiyoid membranın transversinden geçen superior laringeal sinirin belirlenmesi güçtür (19).

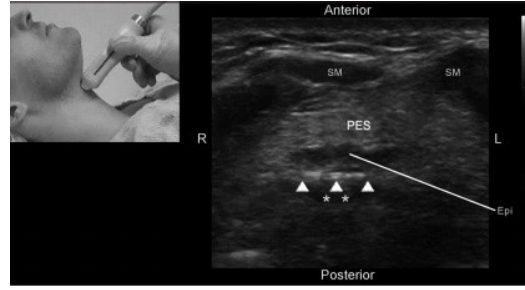




**Şekil 20. Lineer transduser kullanılarak tirohiyoid membran boyunca yapılan sol parasagital tarama. Epi, epiglottis; Hy, hiyoid bone; PES, preepiglottic space; SM, strap muscles ve TC, tiroid cartilage.**

#### 2.4.1.8.Epiglottis

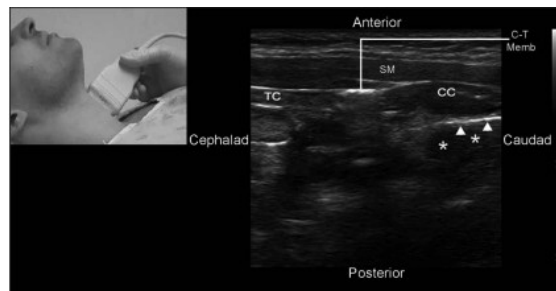
Epiglottis tirohiyoid membran boyunca görüntülenebilen, parasagitalde ve transvers görüntülerde hipoekoik eğrilerden oluşur. Lineer transduser ile transvers düzlemde görüntülenebilir. Dil kökünün inferiorunda ayrı bir hareketli yapı olarak, dilin protrüzyonu ve yutkunma hareketi ile epiglottisin tanınabilmesi kolaylaştırılabilir (19).



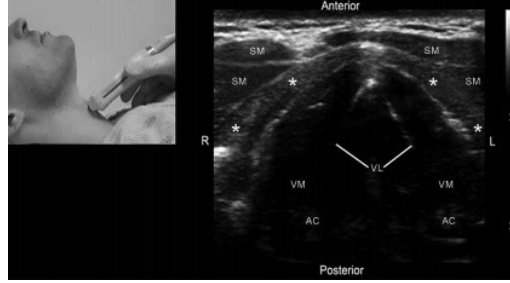
**Şekil 21. Lineer transduser kullanılarak tirohiyoid membran boyunca sonografi. Epi, epiglottis, PES, preepiglottic space ve SM, strap muscles.**

#### 2.4.1.9.Tiroid kartilaj

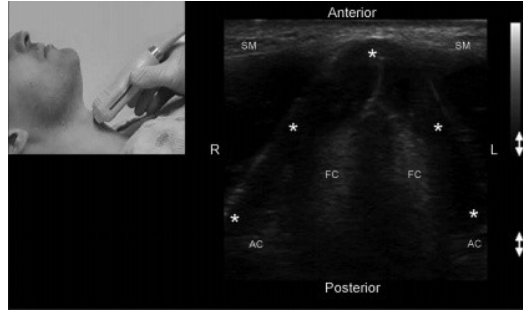
Tiroid kartilaj sagital ve parasagital görüntülerde lineer hipoekoik bir yapı olarak görülür. Transvers görüntüde tiroid kartilaj içinde ters V şeklinde vokal kordlar görüntülenebilir (19).



**Şekil 22. Lineer transduser ile Cricotiroid membranının (C-T memb) sol parasagittal görüntüsü. Cricoid cartilage (CC); SM, strap muscles; and TC, thyroid cartilage.**



**Şekil 23. Lineer transduser kullanılarak tiroid kartilaj üzerinde transvers görüntü. Anterior komissürün yanında vokal ligamentler ve gerçek vokal kordların sonografisi. AC, aritenoid cartilage; asterisks, tiroid cartilage; SM, strap muscles; VL, vocal ligamentler ve VM, vocal muscle.**



**Şekil 24. Lineer transduser kullanılarak tiroid kartilaj seviyesinde transvers görüntü. Hiperekoik yalancı -false cordların (FC) sonografisi. AC, aritenoid cartilage ve asterisks, tiroid cartilage.**

#### **2.4.1.10.Vokal kordlar**

Lineer bir transduser yönlendirilerek transvers alanda vokal kordlar görüntülenebilir ve 3 farklı lokalizasyonda yeri belirlenebilir:

(1) Tirohiyoid membran

(2) Tiroid kartilaj

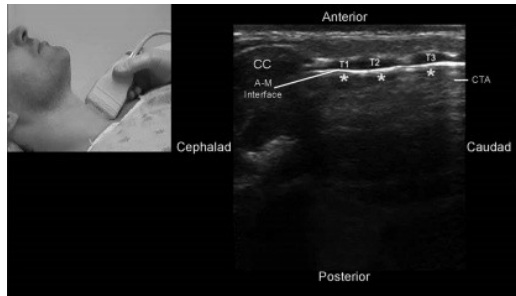
(3) Krikotiroid membran.

Tiroid kartilaj bizim uygulamamızda vokal kord görüntüsünün en iyi sağlandığı bir pencere oluşturur. Tiroid kartilajın üzerinde sefalokaudal yönde transduserin yönlendirilmesiyle asıl ve yalancı vokal kordlar ayırt edilir. (Figures 9 and 10). Asıl vokal kordlar 2 trianguler hipoeoik yapı (vokal kaslar), hiperekoik vokal ligamentlerin ortasında görüntüsünü yansıtır (19).

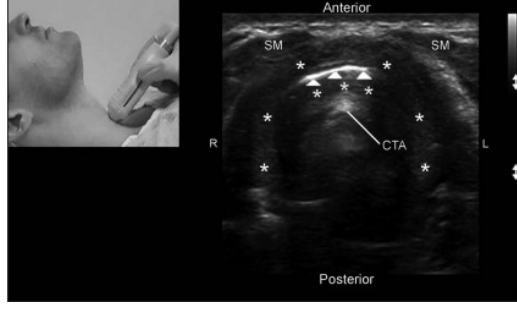
Yalancı vokal kordlar paralel olarak uzanır, asıl kordlara göre sefaliktir ve daha hiperekoik bir görüntü çizer. Vokal kordlar, aynı zamanda krikotiroid membran boyunca da görüntülenebilir, ancak gerçek ve yalancı vokal kordlar ayırt edilemez. Tirohiyoid membran vokal kordları görüntüleme daha elverişsizdir (19).

#### 2.4.1.11.Krikoid kartilaj ve krikotiroid membran

Krikoid kartilaj parasagittal dairesel hipoeoik ve transversde ise bir ark görünümüne sahiptir. İntرالuminal hava artefaktlarının yansıması gibi parlak hava-mukoza arayüzeyi ile ön duvarın arka yüzü belirlenir (19).



**Şekil 25. Lineer transduser ile trakeanın üzerinde sol parasagittal görüntü. Cricoid cartilage, CC; tracheal cartilages (T1-T3).**

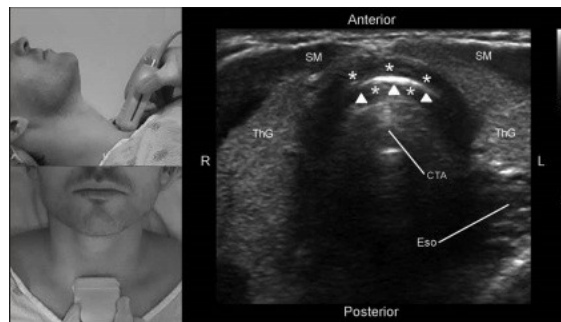


**Şekil 26. Linneer bir transduser ile krikoid kartilaj seviyesinde transvers görüntü. Kuyruklu yıldız görüntüsü-comet tail artifacts (CTA). Sağ ve sol cricoid cartilage ve SM, strap muscles.**

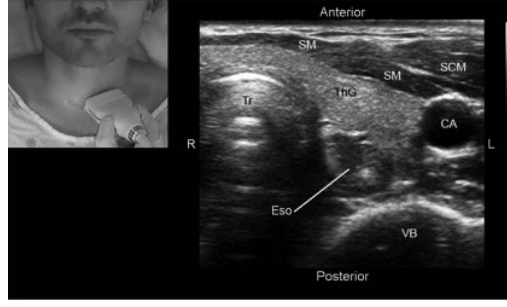
Krikotiroid membran tiroid kartilajın kaudal kenarı ve krikoid kartilajın sefalad kenarı arasında seyreder. Hipoekoik tiroid ve krikoid kartilajlara bağlı hiperekoik bir band olarak sagittal ve parasagittal alanlarda açıkça görülebilir (19).

#### **2.4.1.12. Trakea ve komşu yapılar**

Diğer kartilaginöz yapılarda olduğu gibi trakeal ringler hipoekoiktir. Parasagittal ve sagittal görüntüde, 'tesbih taneleri'ne benzer ve transvers görüntüde, posterior artefaktların yansıması ve lineer bir hiperekoik hava-mukoza arayüzeyinde ters U'ya benzer şekilde görünür (19).



**Şekil 27. Orta hatta lineer bir transduser ile suprasternal çentik seviyesinde transvers görüntü. Trakea, tiroid gland ve esophagus (Eso) sonografisi. CTA, comet tail artifact- kuyruklu yıldız görüntüsü; SM, strap muscle; ThG, tiroid gland ve trakeal cartilage.**



**Şekil 28. Suprasternal çentik seviyesinde transvers görüntü. Carotic arter(CA), esophagus (Eso), sternocleidomastoid muscle (SCM), strap muscles (SM), trakea (Tr), tiroid gland (ThG), ve cervical vertebranın vertebral body-cisim (VB).**

Suprasternal çentik seviyesinde, 2 lob ve tiroid bezin istmusu, trakeanın transvers görüntüsünün anterolateralinde belirlenir. Tiroid bez ince ince benekli bir görüntü ile homojen hiperekoiktir (19).

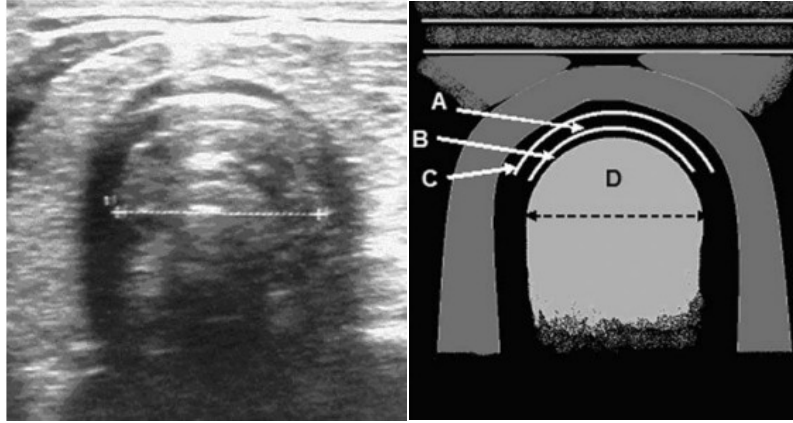
Özefagus, trakenin posterolateralinde, suprasternal çentik seviyesinde transvers görüntüde belirir. Özefagus hastanın yutkunması sırasında özefageal lümenin peristaltik hareketlerinin görülmesiyle ayırt edilir (19).

#### **2.4.2.Subglottik diameterin değerlendirilmesinde ultrasonografinin faydası**

ETT'ler, laringeal stenozis veya havayolu ödemi gibi komplikasyonlara sıklıkla yol açmaktadır. Normal havayolunun en dar yeri, krikoid kartilaj seviyesinde olup, bu tür komplikasyonlarla genellikle bu alanda karşılaşmaktadır (142, 143).

ETT, aşırı büyük numara ve gereğinden fazla şişirilmiş kaf nedeniyle kartilaginöz ve mukozal iskemiye tetikleyebilmektedir. Transvers çap anteroposterior çaptan daha küçük olduğundan, krikoiddeki bu savunmasız durum krikoidin tüm alanlarında homojen değildir (45, 144, 145). Erişkinlerde ve çocuklarda boyunda trakeanın transvers çapı USG ile görüntülenebilir (18, 140).

USG ile anestezi sırasında ve yoğun bakımda üst havayolunun en dar çapının değerlendirilmesi ETT numarasının seçiminde ve aynı zamanda uzun süreli entübasyondan sonra laringeal stenozis değerlendirilmesinde yardımcı olabilir (16). USG bu durumlarda kullanılacak non-invaziv bir tekniktir.



**Şekil 29. Krikoid ark ve hava-sütunu, ultrasonografik ve şematik görünümü. A) Krikoid kartilaj dairesel hipoekoik bir yapı (medulla) B) İnternal perikondrium (hiperekoik kenar) C) Eksternal perikondrium (hiperekoik kenar) D) Hava sütunu**

Ayrıca Laringeal USG 1992'de Carp (18) ve arkadaşları, 2006'da Ding (146) ve arkadaşları tarafından erişkinlerde, çocuklarda ve infantlarda larinksin değerlendirmesinde önerilmiştir.

MRI yüksek kaliteli laringeal görüntü vererek larinksin kesin ölçülerini sağlar (147) ve in vivo non-invaziv gold standart metot olarak kabul edilebilir. Lakhal ve arkadaşları MRI ve USG arasında yaptıkları korelasyon çalışmasının sonucunda klinik uygulamalarda subglottik çapın değerlendirilmesinde USG'nin kullanılabileceğini göstermişlerdir (16).

### **3.GEREÇ ve YÖNTEM**

Bu çalışma, Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu (Ankara, Türkiye) onamı alındıktan sonra yapılmıştır. Yetişkin velisinden yazılı bilgilendirilmiş olur onayı alınan 1-10 yaş arası, genel anestezi altında cerrahi operasyon planlanan toplam 100 hasta çalışmaya dahil edildi. Dahil etme kriterleri trakeal entübasyon gereken, cerrahi uygulama boyunca kontrollü ventilasyon planlanan, bilinen aktif enfeksiyonu olmayan, pulmoner aspirasyon veya regürjitasyon riski olmayan, ASA I, kilo ve/veya boy yüzdeleri %3 - %97 arasında olan, açlık süresi dolmuş elektif hastalar olarak belirlendi. Dışlama kriterleri ise bilinen havayolu anomalisi olan (havayolu stenozisi, Down sendromu), bilinen veya şüphe edilen zor hava yolu olan, regürjitasyon riski olan, larinks ve/veya trakea, boyun ve/veya üst özefagus cerrahisi planlanan, pulmoner hastalıkları olan (pnömoni veya bronşial enfeksiyon, inhalasyon tedavisi gereken astım, pulmoner

malformasyonlar), fiberoptik veya alternatif entübasyon tekniği kullanılan hastalar olarak belirlendi.

Bütün hastalara operasyon odasına alınmadan 30 dk önce oral midazolam 0,5 mg/kg ile premedikasyon uygulandı. Operasyon odasına alındıktan sonra elektrokardiyografi (EKG), kan basıncı (KB), kalp hızı (KH), O<sub>2</sub> saturasyonu (SpO<sub>2</sub>) ile monitörize edildi.

Tüm hastalara önce %50 O<sub>2</sub>, %50 N<sub>2</sub>O ile daha sonra sevofluran yavaş yavaş %8'e kadar arttırılarak maske ile anestezi indüksiyonu yapıldı. Eş zamanlı olarak 0,01 mg/kg atropin intramüsküler enjekte edildi. İndüksiyondan hemen sonra 22 veya 24 gauge katater ile damar yolu açıldı ve kas gevşemesi için 0, 2 mg/kg mivaküryum intravenöz verildi. İndüksiyon sonrası hastalara transtrakeal USG yapıldı. Trakea çapı ve krikoid çapı ölçümleri yapıldı ve ölçümler kaydedildi.

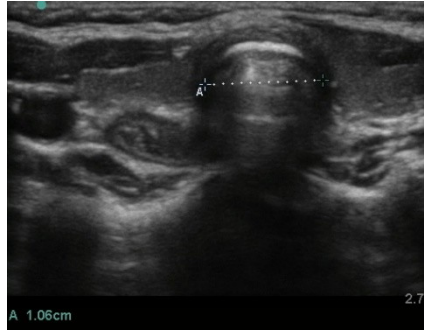
Başlangıç için tüp hazırlığı, şu formüllere göre yapıldı:

- 1- Kafsız tüp, Cole formülü ile: ID (iç çap) mm = (0.25 x yaş) + 4;
- 2- Kahlı tüp, 2 yaş ve üstü Motoyama formülü ile ID mm = (0.25 x yaş)+ 3,5;
- 3- Kahlı tüp, 2 yaşından küçük çocuklar için Khine formülü ile ID mm = (0.25 x yaş) + 3,0

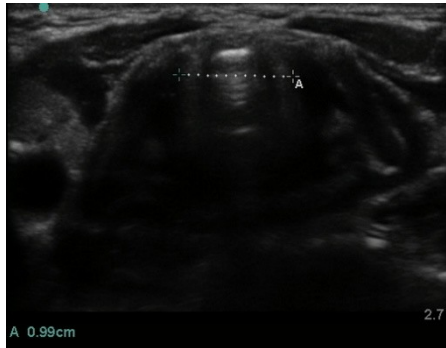
Anestezi idamesi % 2-3 oranında sevofluran ile yapıldı. Entübasyondan sonra hastanın serçe parmak çapı kumpas, boyun çevresi ise mezur ile yapıldı. Yapılan tüm ölçümlerle beraber hastanın yaş, boy ve kilo durumu kaydedildi. Ultrasonografi ve hava yolu kaçak basıncı ölçümü supin pozisyonda, baş hafif ekstansiyonda nötral durumdayken yapıldı.



Tüm ultrasonografik ölçümler, belirlenmiş tek bir kullanıcı tarafından yapıldı. Daha önce bir radyolojisten 20 hasta üzerinde ultrasonografi kullanarak eğitim almış bir anestezi uzmanı kullanıcı olarak belirlendi. Kullanılan ultrasonografinin ticari adı Sonosite S-NERVE ultrasonografi cihazı olup 2 boyutlu görüntü oluşturma kapasitesine sahipti. Lineer ultrason probu 6-13 Mhz, 6 cm ile boynun anteriorunun superioruna orta hatta yerleştirildi. Ultrason uygulamasına transvers görüntüleme ile vokal kordların lokalizasyonu ile başlandı. Daha sonra prop krikoid arkı görüntülemek üzere sefalden kaudale doğru hareket ettirildi. Transvers hava kolonu çapı, hastalar paralize edildikten sonra krikoid kartilajın alt kenarından ölçüldü, trakeal çap ise krikoid kartilajın hemen altındaki trakeal ringten ölçüldü. Yapılan ölçümler kaydedildi.



**Şekil 30. Subglottik çap ölçümleri krikoid kartilaj**



**Şekil 31. Subglottik çap ölçümleri trakeal ring**

Daha sonra trakeal entübasyon direk laringoskop kullanılarak yapıldı. Her hasta için ayrı ayrı yaşa dayalı yöntemlerden Cole formülü, Corfield formülü, Khine formülü, Penlington formülü, Motoyama formülü, Steward ve Lerman yaklaşımı; uzunluğa dayalı yöntemlerden Wang formülü; ağırlığa dayalı yöntemlerden Eck formülü ve Eipe formülü; çoklu değişkenlere dayalı yöntem (multiple variables) göre tahmin edilen ETT numaraları kaydedildi.

İstatiksel analizler SPSS versiyon 15 yazılımı kullanılarak yapıldı. Verilerin normal dağılıma uygunlukları histogram ve Kolmogorow-Smirnov testi kullanılarak değerlendirildi. Değişkenlerin korelasyon katsayıları ve istatiksel anlamlılıkları pearson ya da spearmen testleri ile hesaplandı.

Çok değişkenli bir lineer regresyon modeli kullanılarak farklı prediktörlerin trakeal ve krikoid çap üzerindeki bağımsız etkileri incelendi. Verilen ortalama  $\pm$  Standart Sapma (SD) ya da Ortanca (%25-%75) olarak verildi. İstatistiksel anlamlılık için tip-1 hata düzeyi %5 olarak kullanıldı. Korelasyon katsayıları aşağıdaki tabloya göre değerlendirildi.

**Tablo 1. Korelasyon katsayıları**

<b>Korelasyon katsayısı</b>	<b>Anlamı</b>
<b>0,05 - 0,30</b>	<b>Düşük veya önemsiz korelasyon</b>
<b>0,30 - 0,40</b>	<b>Düşük orta derecede korelasyon</b>
<b>0,40 - 0,60</b>	<b>Orta derecede korelasyon</b>
<b>0,60 - 0,70</b>	<b>İyi derecede korelasyon</b>
<b>0,70 - 0,75</b>	<b>Çok iyi derecede korelasyon</b>
<b>0,75 - 1,00</b>	<b>Mükemmel korelasyon</b>

#### 4.BULGULAR

Pearson korelasyon testine göre çalışmamızda kullandığımız formüllerin krikoid ve trakea çapı ile korelasyonu yapıldı. Buna göre Cole, Corfield, Khine'nin kafli ve kafsız formülleri, Penlington, Motoyama, Wang, Eck, Eipe ve çoklu değişkenlerin katıldığı Multiple Variable testlerinin hem krikoid hem trakea çap ölçümleriyle mükemmel derecede korelasyona sahip olduğu görüldü. Steward ve Lerman'ın önerdiği formül ise hem trakea hem de krikoid çapı ile orta dereceli bir korelasyon gösterdi. Bu formüller arasında çoklu değişkenlere dayalı analiz hem trakea hem krikoid çaplarıyla en yüksek korelasyona sahip olduğu gösterilmiştir.

**Tablo 2. Trakea ve krikoid çapı ölçümleri ile çocuklarda endotrakeal tüp numarası belirlemede kullanılan testler arasındaki korelasyon.**

	Trakea Çapı		Krikoid Çapı	
	r	p	r	p
Cole	0,787	0,001	0,779	0,001
Corfield	0,787	0,001	0,779	0,001
Khine (Kafli)	0,787	0,001	0,779	0,001
Khine (Kafsız)	0,787	0,001	0,779	0,001
Penlington	0,787	0,001	0,779	0,001
Motoyama	0,787	0,001	0,779	0,001
Steward ve Lerman	0,514	0,001	0,411	0,001

<b>Wang</b>	<b>0,812</b>	<b>0,001</b>	<b>0,776</b>	<b>0,001</b>
<b>Eck</b>	<b>0,764</b>	<b>0,001</b>	<b>0,752</b>	<b>0,001</b>
<b>Eipe</b>	<b>0,764</b>	<b>0,001</b>	<b>0,752</b>	<b>0,001</b>
<b>Multiple Variable</b>	<b>0,820</b>	<b>0,001</b>	<b>0,806</b>	<b>0,001</b>

(r= Korelasyon katsayısı)

Çalışmada yapılan yaş, boy, kilo, parmak ve boyun çevresi ölçümlerinin trakea ve krikoid çaplarıyla olan korelasyonları tablo 3'te gösterilmiştir. Buna göre trakea çapıyla en güçlü korelasyonu boy (r=0,797), daha sonra sırasıyla yaş (r=0,793), kilo (r=0,757), parmak çapı (r=0,649) ve bunlardan daha zayıf korelasyonu ise boyun çevresi (r=0,465) göstermektedir. Krikoidde ise durum biraz daha farklı olup en kuvvetli korelasyonu yaş (r=0,775) göstermektedir. Bunu sırasıyla boy (r=0,761), kilo (r=0,742), parmak çapı (r=0,595) ve bunlardan daha zayıf korelasyonu boyun çevresi (r=0,461) ölçümleri göstermektedir.

**Tablo 3. Çalışmada yapılan ölçümlerin krikoid ve trakea çapıyla korelasyonu ve p değerleri**

	Trakea Çapı		Krikoid Çapı	
	r	p	r	p
<b>Yaş</b>	<b>0,793</b>	<b>0,001</b>	<b>0,775</b>	<b>0,001</b>
<b>Boy</b>	<b>0,797</b>	<b>0,001</b>	<b>0,761</b>	<b>0,001</b>
<b>Kilo</b>	<b>0,757</b>	<b>0,001</b>	<b>0,742</b>	<b>0,001</b>
<b>Parmak çapı</b>	<b>0,649</b>	<b>0,001</b>	<b>0,595</b>	<b>0,001</b>
<b>Boyun çevresi</b>	<b>0,465</b>	<b>0,001</b>	<b>0,461</b>	<b>0,001</b>

Çalışmaya alınan hastaların yaş, boy, kilo, parmak çapı, boyun çevresi, trakea ve krikoid çaplarının ölçüm değerlerinin ortalaması tablo 4'te gösterildi.

**Tablo 4. Çalışmaya alınan hastalara ait ölçümlerin ortalaması**

Değişkenler (n=100)	Mean ± SD
<b>Trakea Çapı (mm)</b>	<b>10,2 ± 1,3</b>
<b>Krikoid Çapı (mm)</b>	<b>9,7 ± 1,2</b>
<b>Yaş (yıl)</b>	<b>4,4 ± 2</b>
<b>Boy (cm)</b>	<b>105 ± 13,5</b>
<b>Kilo (kg)</b>	<b>17,6 ± 4,7</b>

<b>Boyun Çevresi (cm)</b>	<b>26 ± 1,7</b>
<b>Parmak Çapı (mm)</b>	<b>10,2 ± 1</b>

Çalışmada kullanılan formüllerin önerdiği endotrakeal tüp numaralarının ortalama değerleri tablo 5'te gösterildi.

**Tablo 5. Çalışmada kullanılan formüllerin ortalama endotrakeal tüp numaraları**

	<b>Median (%25 - %75)</b>
<b>Cole(n=100)</b>	<b>5,0 (4,7 - 5,5)</b>
<b>Corfield(n=100)</b>	<b>5,5 (5,2 - 6,0)</b>
<b>Khine (Kafılı) (n=100)</b>	<b>4,0 (3,7 - 4,5)</b>
<b>Khine (Kafsız) (n=100)</b>	<b>5,0 (4,7 - 5,5)</b>
<b>Penlington(n=100)</b>	<b>5,5 (5,2 - 6,0)</b>
<b>Motoyama(n=100)</b>	<b>4,5 (4,2 - 5,0)</b>
<b>Steward ve Lerman(n=69)</b>	<b>4,5 (4,5 - 5,0)</b>
<b>Wang(n=100)</b>	<b>5,5 (5,2 - 5,8)</b>
<b>Eck(n=100)</b>	<b>5,1 (4,7 - 5,2)</b>
<b>Eipe(n=100)</b>	<b>5,3 (4,9 - 5,5)</b>
<b>Multiple Variable(n=100)</b>	<b>5,0 (4,7 - 5,3)</b>

**Tablo 6. Yapılan ölçümlerin trakea ve krikoid çapıyla regresyonu sonucundaki analizleri**

<b>Trakea Çapı Hesaplamaları</b>				
<b>Model No</b>	<b>Model İsmi</b>	<b>Formülü</b>	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
Model 1	Yaş Modeli	$8 + (0,5 \times \text{yaş})$	0,793	0,62
Model 2	Boy Modeli	$2,3 + (0,75 \times \text{boy})$	0,797	0,63
Model 3	Kilo Modeli	$6,6 + (0,2 \times \text{kilo})$	0,757	0,57
Model 4	Parmak Çapı Modeli	$1,5 + (0,8 \times \text{parmak çapı})$	0,649	0,42
Model 5	Boyun Çevresi Modeli	$1,3 + (0,3 \times \text{boyun çevresi})$	0,465	0,21
Model 6	Yaş, Kilo, Parmak Çapı Modeli	$5,0 + (0,3 \times \text{yaş}) + (0,06 \times \text{kilo}) + (0,2 \times \text{parmak çapı})$	0,835	0,69
Model 7	Yaş, Boy, Kilo Modeli	$6 + (0,3 \times \text{yaş}) + (0,01 \times \text{boy}) + (0,07 \times \text{kilo})$	0,825	0,68
Model 8	Yaş, Kilo Modeli	$7 + (0,3 \times \text{yaş}) + (0,1 \times \text{kilo})$	0,823	0,67
<b>Krikoid Çapı Hesaplamaları</b>				

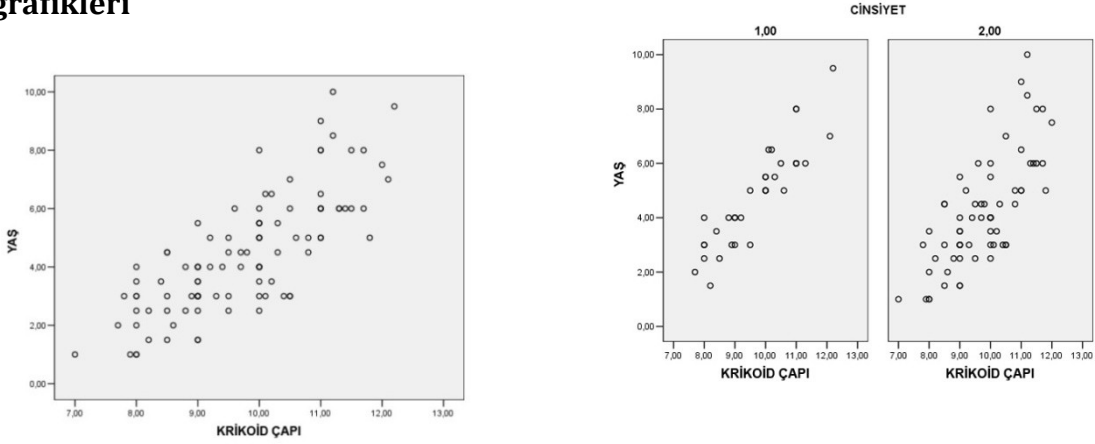
Model 9	Yaş Modeli	$7,5 + (0,5 \times \text{yaş})$	0,775	0,60
Model 10	Boy Modeli	$2,7 + (0,06 \times \text{boy})$	0,761	0,57
Model 11	Kilo Modeli	$6,4 + (0,2 \times \text{kilo})$	0,742	0,55
Model 12	Parmak Çapı Modeli	$2,2 + (0,7 \times \text{parmak çapı})$	0,595	0,35
Model 13	Boyun Çevresi Modeli	$1,5 + (0,3 \times \text{boyun çevresi})$	0,461	0,21
Model 14	Yaş, Kilo, Parmak Çapı Modeli	$5,8 + (0,3 \times \text{yaş}) + (0,07 \times \text{kilo}) + (0,1 \times \text{parmak çapı})$	0,810	0,65
Model 15	Yaş, Kilo Modeli	$6,8 + (0,3 \times \text{yaş}) + (0,08 \times \text{kilo})$	0,807	0,64

Yapılan regresyon analizi ile yapılan ölçümlerle trakea ve krikoid çapı öngören sonuçlarını modeller olarak tablo 6'daki gibi belirledik. Model 1 ( $r=0,793$ )yaşa göre, Model 2 ( $r=0,797$ ) boya göre, Model 3 ( $r=0,757$ ) kiloya göre trakea çapının tahminini mükemmel derecede bir korelasyonla yapar. Model 4 ( $r=0,649$ ) parmak çapına göre trakea çapının tahminini iyi derecede, Model 5 ( $r=0,465$ ) boyun çevresine göre trakea çapının tahminini orta derecede bir korelasyonla yapar. Model 6 ( $r=0,835$ ) yaş, kilo ve parmak çapına göre trakea çapının tahminini mükemmel derecede bir korelasyonla yapar. Model 7 ( $r=0,825$ ) yaş, boy ve kiloya göre, Model 8 ( $r=0,823$ ) yaş ve kiloya göre trakea çapının tahminini mükemmel derecede bir korelasyonla yapar.

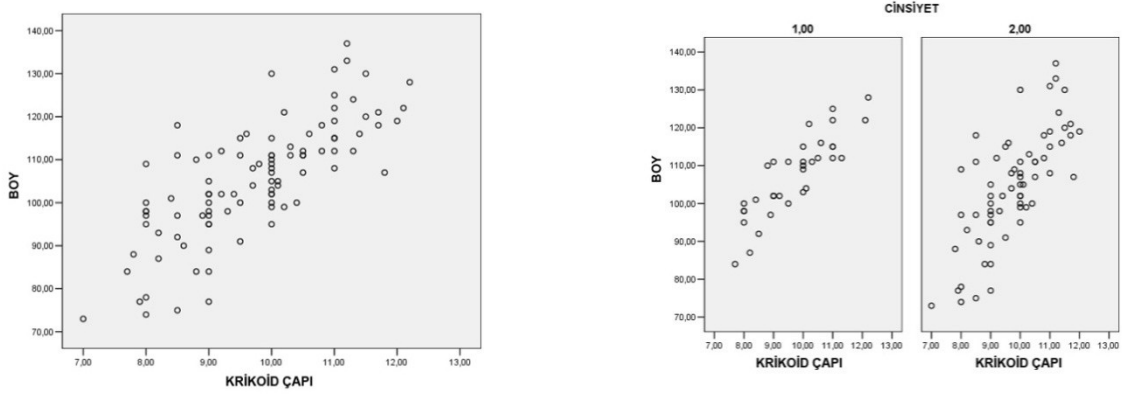
Model 9( $r=0,775$ ) yaşa göre, Model 10 ( $r=0,761$ ) boya göre, Model 11 ( $r=0,742$ ) kiloya göre krikoid çapının tahminini mükemmel derecede bir korelasyonla yapar. Model 12 ( $r=0,595$ ) parmak çapına göre, Model 13 ( $r=0,461$ ) boyun çevresine göre krikoid çapının tahminini orta derecede, bir korelasyonla yapar. Model 14 ( $r=0,810$ ) yaş, kilo ve parmak çapına göre, Model 15( $r=0,807$ ) yaş ve kiloya göre krikoid çapının tahminini mükemmel derecede bir korelasyonla yapar.

Krikoid ile yaş, boy, kilo, boyun çevresi ve parmak çapı arasında cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyonları grafik 1, 2, 3, 4, 5'te gösterildiği gibidir.

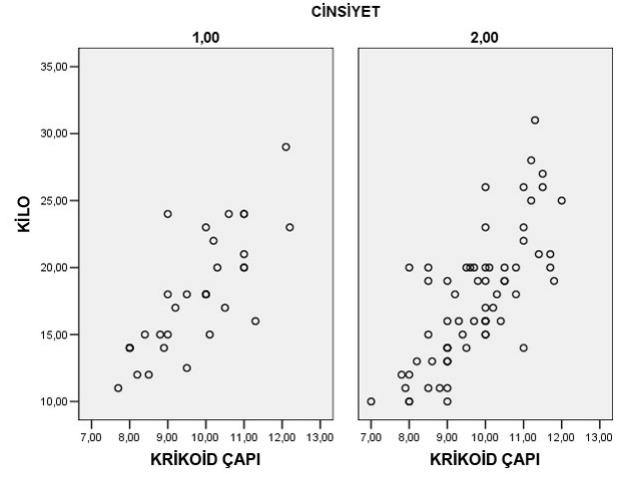
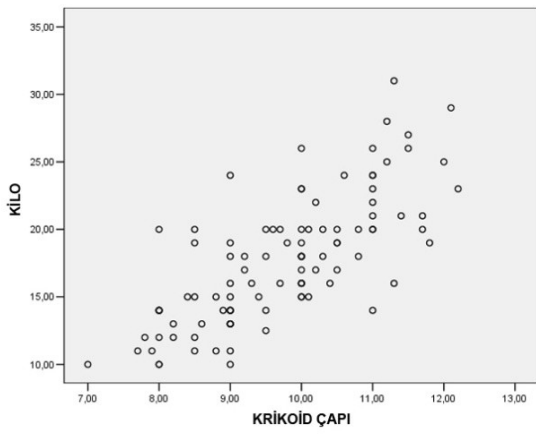
**Grafik 1. Yaş ve krikoid çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri**



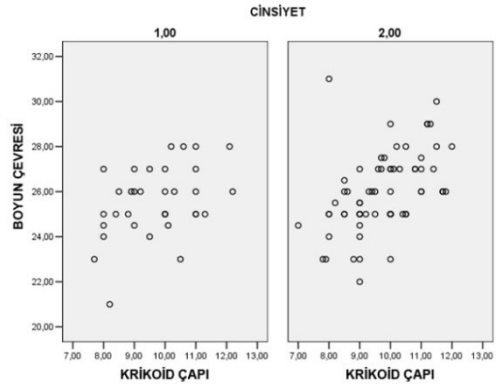
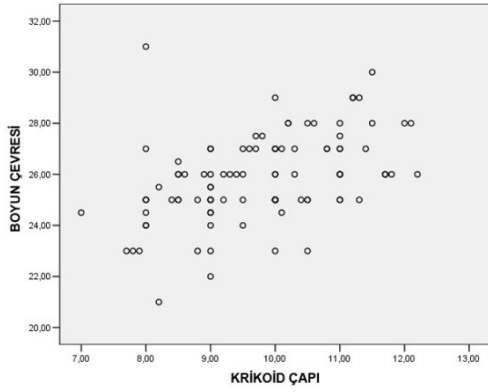
**Grafik 2. Boy ve krikoid çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikler**



**Grafik 3. Kilo ve krikoid çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri**

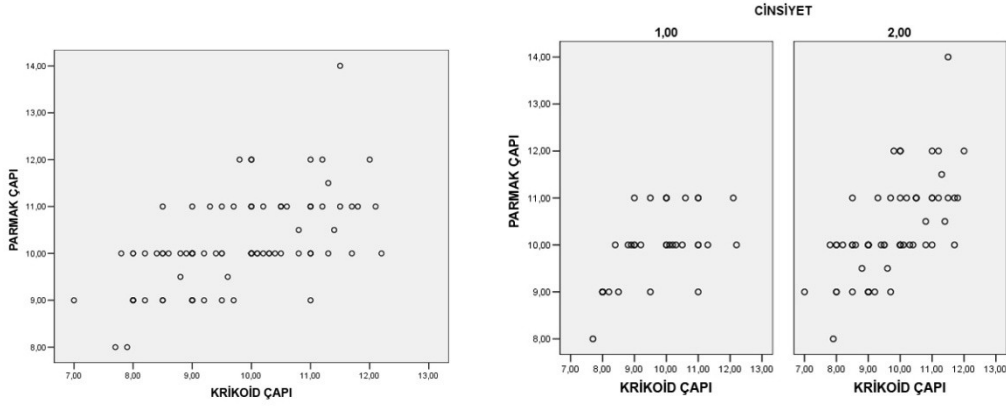


**Grafik 4. Boyun çevresi ve krikoid çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri**



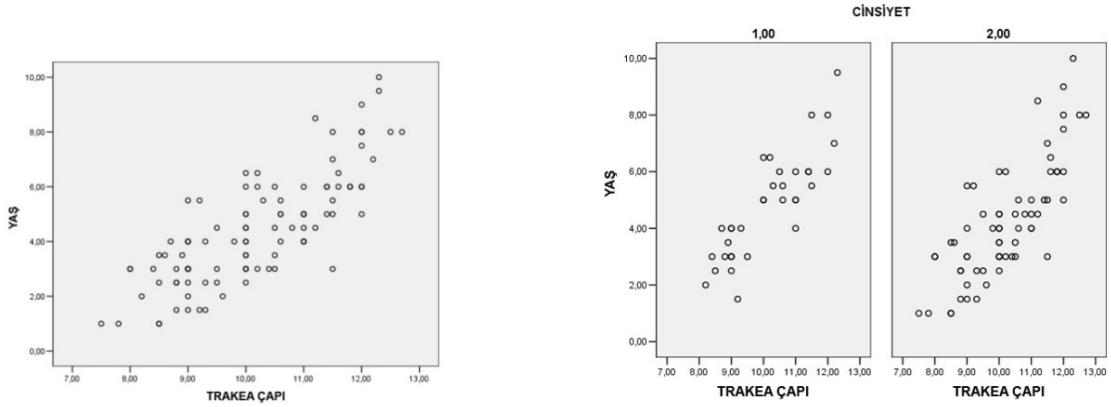


## Grafik 5. Parmak çapı ve krikoid çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri

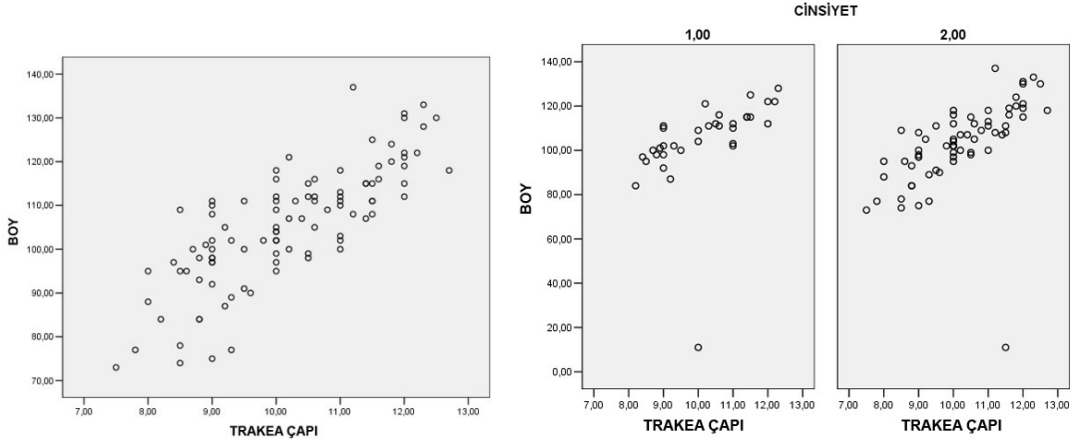


Trakea ile yaş, boy, kilo, boyun çevresi ve parmak çapı arasında cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri grafik 6,7,8,9 ve 10'da gösterildiği gibidir.

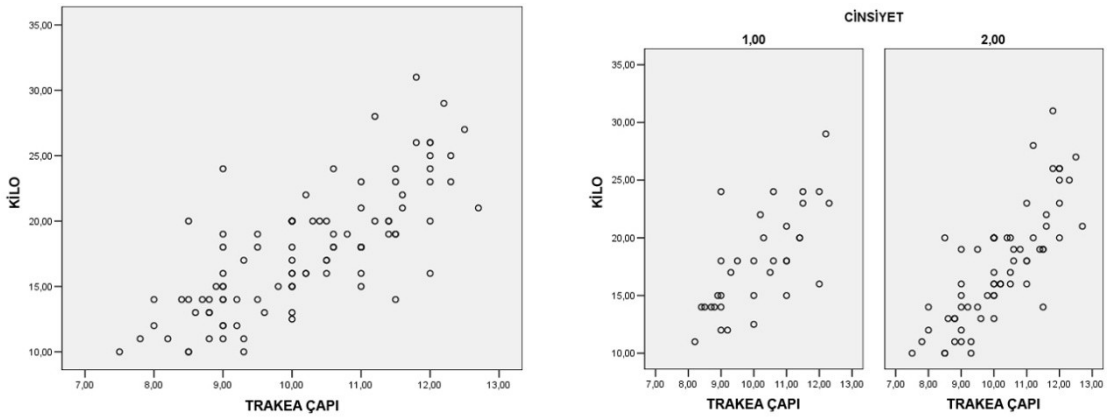
## Grafik 6. Yaş ve trakea çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri



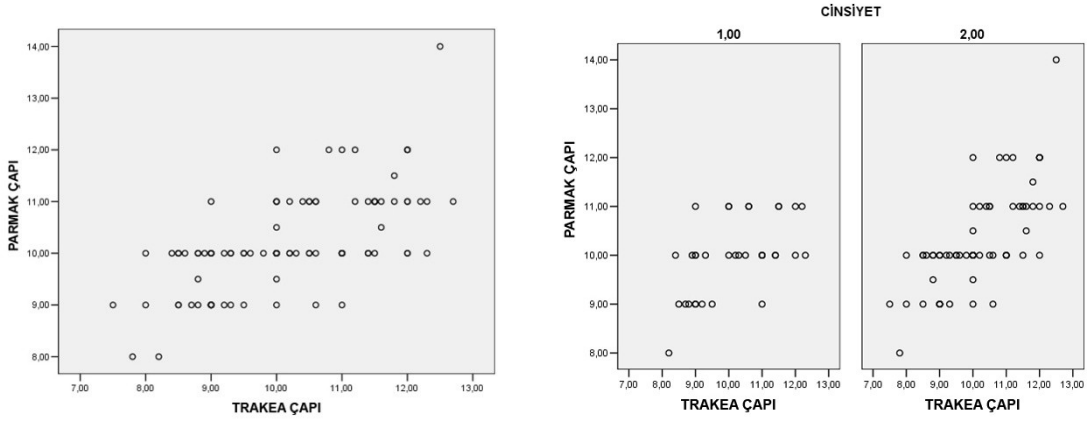
## Grafik 7. Boy ve trakea çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri



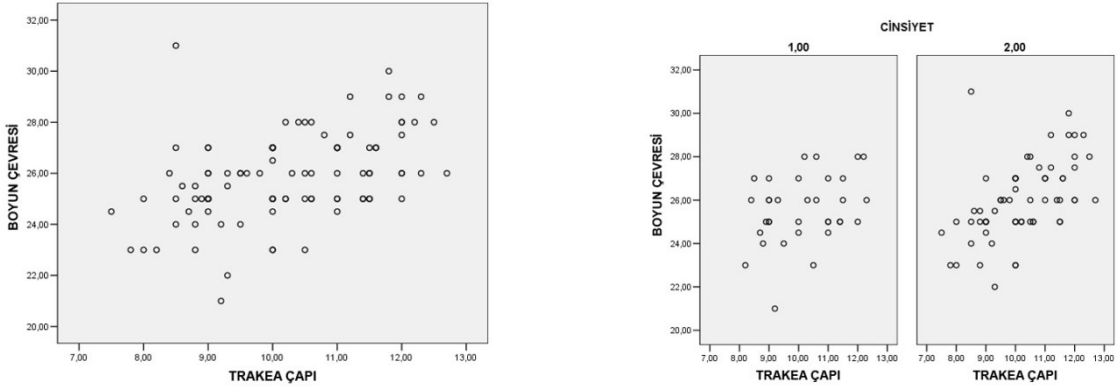
**Grafik 8. Kilo ve trakea çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri**



**Grafik 9. Parmak çapı ve trakea çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri**



**Grafik 10. Boyun çevresi ve trakea çapının cinsiyet bağımsız ve cinsiyet bağımlı korelasyon grafikleri**



## 5.TARTIŞMA

Çocuk hastaya takılacak olan en uygun ETT, hava yolu basıncını yükseltmeyecek, yeterli ventilasyon sağlayacak, anestezi gazlarının ameliyathane odasına sızarak hava kirliliği

oluşturmasını önleyecek, end-tidal gaz monitorizasyonunun tam yapılmasını sağlayacak, aspirasyon riskini azaltacak, laringeal hasara yol açmayacak ve ekstübasyon sonrası oluşabilecek ülserasyon, skar formasyonu, subglottik stenoz ihtimalini düşürecek boyutlarda olmalıdır (4-8).

Havayolunda oluşabilecek hasar ve postekstübasyon metadana gelebilecek havayoluyla ilgili komplikasyonlar nedeniyle hasta için hangi tüpün daha uygun olduğunu anlamak için yapılan laringoskopi denemeleri klinisyenin sakınması gereken bir durumdur (25). Olabilecek en uygun tüpü önceden tahmin ederek laringoskopi denemelerini en aza indirmek için yapılan çalışmalar ise yarım asırdan uzun süredir devam etmektedir.

Pediyatrik hastaya olabilecek en uygun ETT numarasının tahminini yapabilmek için Cole (94) 1953'te yaşa dayalı bir formül tanımlamıştır. Bu formül, en uygun ETT numarasının tahmininde çığır açmış bundan sonraki pek çok yaklaşım bu formülün geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır (104). Daha sonra oluşturulan formüller sadece yaşa değil boy, kilo, parmak çapı gibi diğer ölçümlere dayanılarak da oluşturulmuştur. Ancak bu yaklaşımların hiçbiri klinisyenleri yeterince memnun edememiştir.

Kullanılan tüp kafı ya da kafsız olsun genişleyemeyen krikoid ringin ID'si ile ETT'nin OD'si arasındaki uyumsuzluk ise komplikasyonların asıl sebebi olarak kabul edilmektedir. (148) ETT OD'si ile internal havayolu diametri arasındaki farkın güvenli sınırları ile ilgili kesin ispatlanmış bir literatür bulunmamaktadır (1).

Cole formülünün modifikasyonu olan Corfield, Motoyama, Khine, Steward-Lerman'ın formülleri sıklıkla kullanılan yaşa dayalı en uygun ETT tahmin yöntemleridir.

(104) Ancak yaşa dayalı olan bu formüller çocuk hastaların %60'ından fazlasında hatalı sonuç vermektedir (149).

En uygun ETT tahmininin daha iyi yapılabilmesi için Eipe ve arkadaşları (149) kiloya dayalı bir formül geliştirerek, yaşa dayalı formüllerle bir karşılaştırmasını yapmış ancak beklenenin aksine yaşa dayalı formülün kiloya dayalı formüle göre uygun ETT numarasının tahmininde daha üstün olduğu sonucu çıkmıştır.

Aynı amaç doğrultusunda Broselow (109) çocuk hastaların boy uzunluğunu kullanarak vücut ağırlığının belirlenmesi ve ilaç dozlarının yanında ETT numarasının tahmini için bir şerit tasarlamıştır. Pediatric Advanced Life Support courses (PALS) (73) tarafından önerilmiş olan Broselow şeridi, genellikle gerekenden daha küçük ETT kullanılmasına sebep olmuştur. Hastaya olması gerekenden daha küçük tüpün takılmasına sebep olan bu şerit, acil resüstasyon anında havayolu hasarlanmasını önlediği için olumlu karşılanmıştır (109). Ancak bu özellik, yoğun bakım ve ameliyathanede bu şeridin kullanımını kısıtlayan bir durum olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle Shih ve arkadaşları (73) uygun ETT tahminini sağlamada yüksek doğruluğa sahip olduğunu iddia ettikleri boy dayalı bir formülü öne sürmüştür. Shih, Broselow şeridi ile Wang'ın formülü (124) arasında yaptığı karşılaştırmada, Wang'ın formülünün en uygun ETT numarasını tahminde daha kuvvetli olduğunu tespit etmiştir (73).

Eck ve arkadaşları (128) tarafından, yaş, boy ve kilo gibi pek çok değişkenin katıldığı bir formülasyonla en uygun ETT tahmininin analiz edilmeye çalışılmıştır. Sonuçlarının çok iyi olduğu bu formülün hasta başı uygulamalarda mental aritmetiğinin çözümünün basit olmaması kullanımını sınırlandırmıştır (149).

Berg ve arkadaşlarının (12) tüp seçiminde yaşa dayalı formüllerle serçe parmak

çapı ve ETT OD'sini karşılaştırdıkları çalışmada parmak çapı ile ETT OD'si arasında zayıf korelasyon olduğunu göstermişlerdir.

Bilgisayar ve radyolojik görüntüleme tekniklerinin gelişmesiyle en uygun ETT tahmininde de yeni ufuklar açılmıştır. Bunun için Sakuraba ve arkadaşları (14) X-ray ve CT ile trakea çapını ölçmüş, ancak X-ray ile CT arasındaki ölçümlerde korelasyon gösterememiştir.

Trakeal çapın belirlenerek ETT tahmininin en doğru şekilde yapılması MRI ya da CT ile yapılan ölçümlerle sağlanabilir (14). Ancak ameliyata girecek tüm pediatrik hastalara bu uygulamanın yapılması hem zaman kaybı, hem de maliyet yükü açısından mümkün görünmemektedir.

Dalal ve arkadaşları (17) da pediatrik larinks çaplarını videobronkoskopiyle belirleyen bir çalışma yapmışlardır. Bu yöntem subglottik ve trakeal çapların ölçülmesinde doğru sonuçlar vermesine rağmen subglottik çapların belirlenmesinde pediatrik bir hasta için fazla invazivdir.

Shibasaki ve arkadaşları (13), en uygun kafli ve kafsız ETT numaralarının tahmininde subglottik çapı USG ile ölçerek pediatrik hastalarda entübasyon yapmışlardır ve üst havayolunda subglottik çapın USG ile ölçümünün pediatrik hastalarda en uygun kafli ve kafsız ETT numaralarının iyi bir tahmin yolu olduğunu bildirmişlerdir.

Ultrasonografi vasküler yapıların tanınmasında anesteziyolojistler tarafından gittikçe daha fazla kullanılan bir görüntüleme yöntemi olmuştur (20). Ultrason kullanıcısının sahip olması gereken önemli bir nokta, bu araştırmaya başlamadan önce laringeal ultrason uygulama becerisini kazanmasıdır. USG'nin kullanımının kolay olması

ve ustalık gerektirmeden sadece 15 hastada denemelerle tecrübe edilerek öğrenilebilmesi kullanımını yaygınlaştırmıştır. Öğrenildikten sonra ise genellikle ultrason uygulayarak subglottik ölçümlerin yapılması yaklaşık 30 saniye kadar bir zaman alır (13, 145).

Trakeal entübasyonun doğrulanmasında USG'nin kullanımıyla, erişkin ve pediatrik hastalarda trakeal tüpün direk görülmesiyle alakalı yayınlar yapılmıştır (21, 150). Sağlıklı pediatrik hastalarda ve genç erişkinlerde ultrasonografi ile subglottik çapın kesin olarak ölçülebileceği de yapılmış çalışmalar arasındadır (16, 151).

Lakhal ve arkadaşları (16), USG'nin subglottik çap değerlendirmesindeki yararlılığıyla ilgili çalışmalarında USG ile MRI arasında transvers subglottik çapın ölçümünde güçlü bir korelasyon göstermişler ve ultrasonografik ölçümün subglottik çapı yeterli olarak değerlendirebileceğini belirtmişlerdir.

Ancak yaşa bağlı fizyolojik kalsifikasyonların akustik gölgeler oluşturması ultrasonografi uygulamasına dayalı değerlendirmelerde yanıltıcı olabilmektedir (152).

Bilgisayarlı tomografiyle Griscom ve Wohl (22) tarafından, direk göğüs grafisiyle Menu ve Lallemand (23) tarafından, hasta supin pozisyonda ve baş nötral pozisyondayken kardiyak kateterizasyonda floroskopik görüntülemeyle Dullenkopf ve arkadaşları (24) tarafından, krikoid seviyede internal diameter ölçümleriyle ilgili yayınlar yapılmıştır. Bunlar trakeal boyutların incelediği en geniş çaptaki yayınlardır (1). Son olarak, Dullenkopf ve arkadaşları (24) en geniş trakeal internal diameterle yaş, boy ve kilo arasında güçlü bir korelasyon bulmuştur.

Khalid ve arkadaşlarının (1) krikoid seviyesinde MRI kullanarak en uygun ETT OD'sini araştırdıkları çalışmada, yaş ile krikoid seviyesinde internal diameter arasında

yüksek, boy ile orta derecede ve kilo ile zayıf bir korelasyon bulmuştur. Dullenkopf ile Khalid'in çalışmaları arasındaki farklı sonuçlar, Khalid'in krikoid seviyesinde havayolunun en dar internal transvers diameterini ölçerken Dullenkopf'un en geniş internal transvers trakeal diameteri ölçmesiyle açıklanabilir (1).

Khalid'in çalışmasının önceki çalışmalarla aynı fikirde olduğu nokta, kızların ve erkeklerin arasında trakeal diameter farkı olmadığı yönündedir. Bu çalışmada, anteriorposterior diameterin analizi yapılmadan yalnızca krikoid seviyesinde transvers havayolu değerlendirmesi yapılmıştır (1). Trakeanın transvers diameteri 6 yaş üstünde her zaman anteriorposterior diameterden daha geniş olup adolesansa kadar eşitlenir (22, 153). Bu ilişki göz önünde bulundurulduğunda tüp dış diameterinin oranı bütün trakeal internal diametere göre küçük çocuklarda bile daha büyük olacaktır (1).

Khalid'e göre en uygun ETT OD'si internal trakeal diameterden 0,1-1,7mm daha azdır. En uygun ETT OD'sinin korelasyonu, boy ve kiloya nazaran yaşla daha güçlüdür (1).

En uygun ETT çapı ID'ye göre değil, trakeal mukozayı ve özellikle esneyemeyen krikoidal ringi en çok etkileyen ETT OD'sine göre seçilmesi gerekmektedir. Her üreticinin ürettiği ETT'nin ID'sinin aynı olmasına rağmen kullanılan üretim malzemesine göre OD'nin farklılık göstermesi bu durumu izah etmektedir. (25) Bunun için de pediatrik hastaların trakeal ve krikoidal hava yolu internal diameterinin belirlenmesi gerekmektedir (1).

Kısa süreli endotrakeal entübasyon sonrası iatrojenik hasarlanma insidansının düşük olmasına rağmen, akkiz subglottik stenozla uzun-dönem komplikasyon olarak karşılaşılabılır. Kullanılan tüp kafı ya da kafsız olsun genişleyemeyen krikoid ringin ID'si



ile ETT'nin OD'si arasındaki uyumsuzluk bu lezyonun asıl sebebidir. (148) Ancak şimdiye kadar oluşturulmuş tüm formüller ETT'nin ID'sine göre olup havayolunda komplikasyonlara asıl yol açan ETT OD'si hakkında fikir vermemektedir.

Biz yaptığımız bu çalışma ile genel anestezi altında cerrahi operasyon planlanan 1-10 yaş arası 100 çocuk hastaya yaş, boy, kilo, boyun çevresi ve parmak çapı ölçümleriyle bereber transtrakeal ultrason yaparak krikoidal ve trakeal ETT çaplarını da belirledik. Ayrıca her çocuk için en uygun ETT numarasının tahmininde anestezi uzmanları arasında yaygın olarak kullanılan klasik yöntemlere göre kaç numara tüp takılabileceğini kaydettik. Çıkan sonuçların trakeal ve krikoidal çaplarla uyumunu gösteren korelasyon analizlerini yaptık. Sonuçlar Cole, Corfield, Khine'nin kafalı ve kafsız formülleri, Penlington, Motoyama, Wang, Eck, Eipe ve çoklu değişkenlerin katıldığı Multiple Variable testlerinin hem krikoid hem trakea çap ölçümleriyle mükemmel derecede korelasyona; Steward ve Lerman'ın önerdiği formülün ise hem trakea hem de krikoid çapı ile orta dereceli bir korelasyona sahip olduğu görüldü. Bu formüllerin trakea ve krikoid çapıyla korelasyonu vardır ancak ETT ID'sini belirlemeyen bu formüller ETT OD'sini belirleyemez ve ETT OD'sinin sebep olabileceği laringeal mukoza hasarını önleyemez.

Yaptığımız ölçümlerle krikoidal ve trakeal çapların yaş, boy, kilo, parmak çapı ve boyun çevresi ile regresyon analizleri sonucunda formüller elde ettik. Bu formüllerin katsayılarının, sonucu etkilemeyecek olan küsüratlarını çıkararak daha kolay ve akılda kalacak şekilde düzenledik ve ortaya toplam 15 formülü temsil eden 15 model çıktı.

Bu formüllerden yaş formülü Model 1( $r=0,793$ ) ve Model 9 ( $r=0,775$ ), boy formülü model 2 ( $r=0,797$ ) ve Model 10 ( $r=0,761$ ) ile kilo formülü Model 3( $r=0,757$ ) ve Model 11 ( $r=0,742$ ) , trakea ve krikoid çapını göstermede mükemmel derecede

korelasyona sahiptir. Parmak çapı formüllerinden olan Model 4 ( $r=0,649$ ) trakea çapını göstermede iyi, Model 12 ( $r=0,595$ ) krikoid çapını göstermede orta derecede korelasyona sahiptir. Boyun çevresinin kullanıldığı formüllerden Model 5 ( $r=0,465$ ) ve Model 13 ( $r=0,461$ ) trakea ve krikoid çapını göstermede orta derecede korelasyona sahiptir. Yaş, kilo ve parmak çapının hep beraber dahil olduğu Model 6 ( $r=0,835$ ) ve Model 14 ( $r=0,810$ ) trakea ve krikoid çapını göstermede mükemmel derecede korelasyona sahiptir. Yaş, boy ve kilonun beraber kullanıldığı Model 7'nin ( $r=0,825$ ) trakea çapını göstermede mükemmel derecede korelasyonu vardır. Yaş ve kilonun kullanıldığı Model 8 ( $r=0,823$ ) ve Model 15'in ( $r=0,807$ ) trakea ve krikoidi göstermede mükemmel derecede korelasyonu bulunmaktadır.

Bu formüllerden en kuvvetli olanları trakeayı göstermede Model 6 ( $r=0,835$ ) ve krikoid çapını göstermede Model 14 ( $r=0,810$ ) olmasına rağmen, bu formüller uzun ve akıl tutması zor olacağından korelasyon katsayısı olarak bunlara en yakın olan trakea çapını göstermede Model 8 ( $r=0,823$ ) ile krikoid çapını göstermede Model 15'in ( $r=0,807$ ) pratikte kullanımının daha kolay olacağını düşünüyoruz.

Trakea Çapı Model 8:  $7 + (0,3 \times \text{yaş}) + (0,1 \times \text{kilo})$

Krikoid Çapı Model 15:  $6,8 + (0,3 \times \text{yaş}) + (0,08 \times \text{kilo})$

Preoperatif hasta değerlendirmesinin yapıldığı poliklinik şartlarında bu formüller kullanılarak trakea çapı hasta daha ameliyathaneye gelmeden hesaplanarak ve buna göre olabilecek en uygun ETT numarası hastanın preoperatif değerlendirme formuna havayolu bilgilerine not edilebilir.

Sonuç olarak çocuk hastalarda en uygun ETT numarasının önceden tahmininde kullanılan formüllerin karşılaştırıldığı önceki çalışmalara ek olarak biz bu çalışmada

ultrasonografi kullanarak ölçtüğümüz trakea ve krikoid çapları ile klasik yöntemlerin pediatrik hastada subglottik çaplarla uyumunun ne derecede olduğunu gösterdik. Ayrıca yaptığımız ölçümlerle elde ettiğimiz regresyona dayalı formüllerle entübasyon öncesi trakea çapının ve en uygun ETT OD'sinin tahminini sağlayacağını öneriyoruz.

## 6. KAYNAKLAR

1. Al-Mazrou, K.A., Comparison of the outer diameter of the 'best-fit' endotracheal tube with MRI-measured airway diameter at the cricoid level. . *European Journal of Anaesthesiology*, 2009 Vol 26:736-739
2. Bayeux, Tubage de larynx dans le Croup. *Presse Med*, 1897. 20:1.
3. Ring WH, A.J., Elwyn RA. , A new pediatric endotracheal tube. *Anesth Analg*, 1975. 54: 273-274.
4. Browning DH, G.S., Incidence of aspiration with endotracheal tubes in children. *J Pediatr*, 1983. 102:582-4.
5. Oshodi A, D.K., Cook A, Rodriguez E, Zhu Y, Shaffer TH, Miller TL Airway injury resulting from repeated endotracheal intubation: Possible prevention strategies. *Pediatr Crit Care Med*, 2010 Apr 1(Epub ahead of print).
6. WL., R., Intraoperative aspiration in a paediatric patient. *Can Anaesth Soc J* 1985. 32:639-41.
7. Sherman JM, N.H., Decreased incidence of subglottic stenosis using an "appropriate-sized" endotracheal tube in neonates. *Pediatr Pulmonol*, 1989. 6:183-5.
8. Dillier CM, T.D., Baulig W, Gysin C, Gerber AC, Weiss M, Laryngeal damage due to an unexpectedly large and inappropriately designed cuffed pediatric tracheal tube in a 13-month old child. *Can J Anaesth*, 2004. 51:72-5.
9. F., C., Pediatric formulas for the anesthesiologist. *AMA J Dis Child*, 1957. 94:672-3.
10. Surgeons, A.C.o., *Advanced Trauma Life Support (ATLS â )*, in *Student Course Manual*. 1997: St Clair, Chicago. p. 296.
11. Eipe N, A.M., Alexander R., Failure to thrive in children with cleft lips and palates. *Pediatr Anesth* 2006. 16:897-898.
12. A. van den Berg, T.M., Choice of tracheal tube size for children: finger size or age-related formula? *Anaesthesia* 1997. 52, 695-703.
13. Masayuki Shibasaki, M.D., Prediction of Pediatric Endotracheal Tube Size by Ultrasonography. *Anesthesiology* 2010. 113:819-24.
14. Shigeki Sakuraba, Comparison of Tracheal Diameter Measured by Chest X-Ray and by Computed Tomography. . *Anesthesiology Research and Practice*, 2010. Volume 2010, Article ID 269171, 3 pages doi:10.1155/2010/269171.

15. S.-J. Chen, T.T.-F.S., K.-L. Liu, Measurement of tracheal size in children with congenital heart disease by computed tomography. *Annals of Thoracic Surgery*, 2004. 77, no. 4, pp. 1216-1221.
16. Lakhal K, D.X., Cottier JP, Tranquart F, Sauvagnac X, Mercier C, Fusciardi J, Laffon M. , The feasibility of ultrasound to assess subglottic diameter. *Anesth Analg*, 2007. 104:611-4.
17. Dalal PG, M.D., Messner AH, Feng A, McAllister J, Molter D. , Pediatric laryngeal dimensions: an age-based analysis. *Anesth Analg* 2009. 108:1475-9.
18. Carp H, B.A., A preliminary study of the ultrasound examination of the vocal cords and larynx. *Anesth Analg*, 1992. 75:639-40.
19. Mandeep Singh, M., MD. , Use of Sonography for Airway Assessment. *J Ultrasound Med*, 2010. 29:79-85.
20. Verghese ST, M.W., Patel RI, Sell JE, Midgley FM, Ruttimann UE. , Comparison of three techniques for internal jugular vein cannulation in infants. *Pediatr Anesth*, 2000. 10:505-11.
21. Muslu, B., Use of Sonography for Rapid Identification of Esophageal and Tracheal Intubations in Adult Patients. *J Ultrasound Med*, 2011. 30:671-676
22. Griscom NT, W.M., Dimensions of the growing trachea related to age and gender. *Am J Roentgenol*, 1986. 146:233-237.
23. Menu Y, L.D., Determination of the normal transverse diameter of the trachea in childhood. *Ann Radiol* 1981. 24:73-75.
24. Dullenkopf A, K.O., Knirsch W, , Comparison of tracheal tube cuff diameters with internal transverse diameters of the trachea in children. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2006. 50:201-205.
25. Malhotra., S.K., Pediatric Endotracheal Tubes: The Advantage of Outer Diameter. *Anesth Analg*, 2001. 93:798-804.
26. Harrison DFN, D.S., Ossification within the primitive larynx. *Acta Otolaryng*, 1983. 95:440
27. Woisard V, P.J., Serrano E, Pessey JJ. , The voice of the child, morphological evolution of the larynx and its acoustic consequences. *Rev laryngol Otol Rhinol (Bord)*, 1996. 117:313-7.

28. Vorperian HK, K.R., Lindstrom MJ, Kalina CM, Gentry LR, Yandell BS. , Development of the vocal tract length during early childhood: a magnetic resonance imaging study. *J Acoust Soc Am*, 2005. 117:338-50.
29. Lieberman DE, M.R., Hiiemae KM, Palmer JB. , Ontogeny of posnatal hyoid and larynx descent in humans. *Arch Oral Biol*, 2001. 46:117-28.
30. A., Í., Pediatric upper airway and congenital anomalies. *Anesthesiology*, 2006. 105:632-3.
31. Sapienza CM, R.B., Baker S, , Laryngeal structure and function in the pediatric Larynx: clinical applications. *Lang Speech Hear Serv Sch*, 2004. 35:299-37.
32. JC., K., Growth of the human prepubertal and pubertal Larynx. *J Speech Hear Res*, 1982. 25:446-55.
33. Claassen H, K.T., Temporel and spatial localization of type I and II collagens in human thyroid cartilage. . *Anat Embryol (Berl)*, 1994. 189:237-42.
34. Sato K, K.S., Hirano M, Kiyokawa K. , Distribution of elastic cartilage in the arytenoids and its physiologic significance. . *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1990. 99:363-8.
35. Rosenberg TL, S.J., Cell density of the lamina propria of neonatal vocal folds. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2009. 118:87-90.
36. JC., K., Histologic structure and properties of the human vocal folds. *Ear Nose Throat j*, 1988. 67:322-30.
37. Boseley ME, H.C., Development of the human true vocal fold: depth of cell layers and quantifying cell types within in the lamina propria. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2006. 115:784-8.
38. Subotic R, V.S., Krajina Z, Hirano M, Kurita S. , Histological structure of vocal fold lamina propria in foetal larynx. *Acta Otolaryngol* 1984. 97:403-6.
39. Campos Banales ME, P.P.B., Rivero J, Ruiz Casal E, Lopez Aguado D. , Histological structure of vocal fold in the human larynx. *Acta Otolaryngol*, 1995. 115:701-4.
40. Andrew Infosino, M., Pediatric upper airway and congenital anomalies. *Anesthesiology Clin N Am* 2002. 747-766.
41. RO., B., Length and cross-section growth patterns in the human trachea. *Pediatrics* 1968. 42:336-41.
42. Wailoo MP, E.J., Normal growth and development of the trachea. *Thorax* 1982. 37:584-7.

43. JE., E., Some anatomic considerations of the infant larynx influencing endotracheal anesthesia. *Anesthesiology* 1951. 12:401-10.
44. Wheeler M, C.C., Todres ID. , Pediatric airway, in *A practice of anesthesia for infants and children*, T.I. Cote' CJ, Ryan JF, Goudsouzian NG, eds, Editor. 2001: Philadelphia: WB Saunders. p. 79–116.
45. Litman RS, W.E., Shibata D, Westesson P-L., Developmental changes of laryngeal dimensions in unparalyzed, sedated children. . *Anesth Analg*, 2003. 98:41–5.
46. Van Lunteren E, S.K., The muscles of the upper airways. *Clin Chest Med* 1986. 7:171-88.
47. Finholt DA, H.D., Raphaely RC. , Factors affecting leak around tracheal tubes in children. *Can Anaesth Soc J* 1985. 32: 326-329.
48. Knowlson GT, B.H., The pressures exerted on the trachea by endo-tracheal inflatable cuffs. . *Br J Anaesth*, 1970. 42:834-7.
49. Iwasaki H, O.H., Yamauchi M, Namiki A, Differential effects of propofol, thiamylal and ketamine on the crico-thyroid and posterior cricoarytenoid muscles of the canine larynx. . *Can J Anaesth*, 1996. 43:39-43.
50. Liu H, C.J., Holinger LD, Gonzales-Crussi F. , Histopathologic fundamentals of acquired laryngeal stenosis. *Pathol Lab Med*, 1995. 15:655-77.
51. Minnigerode B, R.H., Pathophysiology of subglottic tracheal stenosis in childhood. *Prog Pediatr Surg*, 1987. 21:1-7.
52. DB, H., Hyaline membrane disease of the neonate prolonged intubation in management: effects on the larynx. *Laryngoscope* 1978. 88:201-24.
53. Gould SJ, G.J., Long term pathological sequelae of neonatal endotracheal intubation. *J Laryngol Otol*, 1989. 103:662-5.
54. Joshi VV, M.S., Stern L, Wiglesworth FW. , Acute lesions induced by endotracheal intubation: occurrence in the upper respiratory tract of newborn infants with respiratory distress syndrome. *Am J Dis Child*, 1972. 124:646-9
55. Dalal PG, M.D., Feng A, Molter D, McAllister J., Upper airway dimensions in children using rigid video-bronchoscopy and a computer software: description of a measurement technique. *Pediatr Anesth*, 2008. 18:645–53.
56. Etsuro K. Motoyama, M., The Shape of the Pediatric Larynx: Cylindrical or Funnel Shaped? . *Anesthesia&Analgesia*, 2009. Vol. 108, No. 5

57. Weiss M, D.A., Gysin C, Shortcomings of cuffed paediatric tracheal tubes. *Br J Anaesth* 2004. 92: 78-88.
58. J., H., Laryngeal damage from tracheal intubation. *Pediatr Anesth Analg*, 1997. 7:435-7.
59. I., J., Cuffed tubes in children. *Pediatr Anesth*, 2001. 11:259-63.
60. Weiss M, G.A., Cuffed tracheal tubes in children-things have changes. *Pediatr Anesth*, 2006. 16:1005-7.
61. JW., C., True vocal cord paralysis following intubation. *Laryngoscope* 1985. 95:1352-1359.
62. Verghese ST, H.R., Slack MC, Auscultation of bilateral breath sounds does not rule out endobronchial intubation in children. *Anesth Analg*, 2004. 99: 56-58.
63. Weiss M, D.A., Gerber AC., Microcuff pediatric tracheal tube. A new tracheal tube with a high volume-low pressure cuff for children. . *Anaesthetist* 2004. 53: 73-79.
64. Fine G, B.L., The future of the cuffed endotracheal tube. *Pediatr Anesth*, 2004. 14:38-42.
65. EK, M., Endotracheal intubation, in *Smith's Anesthesia for Infants and Children*, M. EK, Editor. 1990: St. Louis, C.V. Mosby. p. 269-75.
66. MBBCH., G.F.F., The future of the cuffed endotracheal tube. *Pediatric Anesthesia*, 2004 14: 38-42.
67. Battersby EF, H.D., Towey RM., The effects of prolonged naso-endotracheal intubation in children. *Anaesthesia* 1977. 32: 154-157.
68. Black AE, H.D., Nauth-Misir N., Complications of nasotracheal intubation in neonates, infants and children: a review of 4 year's experience in a children's hospital. *Br J Anaesth*, 1990. 65: 461-467.
69. Deakers TW, R.G., Cuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. . *J Pediatr*, 1994. 125: 57-62.
70. Newth CJ, R.B., Patel N, Hammer J. , The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr*, 2004. 144:333-7.
71. Dullenkopf A, G.A., Weiss M. , Fit and seal characteristics of a new paediatric tracheal tube with high volume-low pressure polyurethane cuff. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2005. 49:232-37.
72. DM., F., Anesthesia equipment for pediatrics, in *Pediatric anesthesia*, e. Gregory GA, Editor. 1989: New York: Churchill Livingstone.



73. Ming-Hung Shih, e.a., Accuracy of a New Body Length-based Formula for Predicting Tracheal Tube Size in Chinese Children. *Chang Gung Med J*, May-June 2008. Vol. 31 No. 3
74. Gould SJ, H.S., The histopathology of the larynx in the neonate following endotracheal intubation. *J Pathol*, 1985. 146: 301-11.
75. Strong RM, P.V., Endotracheal intubation: complications in neonates. *Arch Otolaryngol*, 1977. 103: 329-335.
76. Windsor HM, S.M., Cherian K et al. , Tracheal injury following prolonged intubation. *Aust N Z J Surg*, 1976. 46: 18-25.
77. Khine HH, C.D., Kettrick RG, Mzaartin TM, McKloskey JJ, Rose JB. , Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology*, 1997. 86:627-31.
78. Weiss M, G.A., Dullenkopf A. , Appropriate placement of intubation depth marks in a new cuffed paediatric tracheal tube. *Br J Anaesth*, 2005. 94:80-7.
79. McDonald IH, S.J., Prolonged nasotracheal intubation: a review of its development in a paediatric hospital. *Br J Anaesth*, 1965. 37: 161-172.
80. Allen TH, S.I., Prolonged endotracheal intubation in infants and children. *Br J Anaesth*, 1972. 44: 834-840.
81. J., H., Tubes with cuffs in newborn and young children are a risk! (German). *Anaesthesist* 2001. 50: 395-400.
82. Ho AM, A.C., Karmakar MK. , The margin of safety associated with the use of cuffed paediatric tracheal tubes. *Anaesthesia* 2002. 57: 173—5.
83. Tonnenson AS, V.L., Aren JF. , Endotracheal tube cuff residual volume and lateral wall pressure in a model trachea. *Anesthesiology* 1981. 55: 680-683.
84. Seegobin RD, H.G., Endotracheal tube cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four volume cuffs. *BMJ* 1984. 288: 965-968.
85. Bernahrd WN, Y.L., Joynes D, Cothalis S, Turndorf H., Intracuff pressures in endotracheal and tracheostomy tubes. Related cuff physical characteristics. *Chest* 1985. 87:720-725.
86. N., L., A device for measuring the lateral wall cuff pressure of endotracheal tubes. *Acta Anaesthesiol Scand* 1992. 36:775-778.
87. C., G., The accurate measurement of endotracheal tube cuff pressures. *Br J Nurs*, 2001. 10:1127-1134.

88. Sengupta P, S.D., Maglinger P, Wells S, Vogt A, Durrani J, Wadhwa A., Endotracheal tube cuff pressure in three hospitals, and the volume required to produce an appropriate cuff pressure. *BMC Anesthesiol*, 2004. 4:8.
89. Weiss, M., Prospective randomized controlled multi-centre trial of cuffed or uncuffed endotracheal tubes in small children. . *British Journal of Anaesthesia*, 2009. 103 (6): 867-73.
90. Fine GF, F.K., Motoyama EK. , The effectiveness of controlled ventilation using cuffed versus uncuffed 2 endotracheal tubes in children. *Anesthesiology* 2000. 9: 25A.
91. Koka BV, J.I., Andre JM, MacKay I, Smith RM., Postintubation croup in children. . *Anesth Analg*, 1977. 56:501-5.
92. Lee KW, T.J., Dougal RM. , Tracheal tube size and postintubation croup in children. *Anesthesiology*, 1980. 53:325.
93. Litman RS, K.T., Postintubation croup in children. *Anesthesiology* 1991. 75:1122-3.
94. F., C., Selection of the proper endotracheal tube for a child. . *Anesthesiology* 1953. 14:506-7.
95. HMC., C., Orotracheal tubes and the metric system. *Br J Anaeth*, 1963. 35:34.
96. Steven JM, C.D., Anesthesia equipment and monitoring., in *Anesthesia for Infants and Children*, D.P. Motoyama EF, Editor. 1990, CV Mosby Company: St. Louis
97. DM., F., Anesthesia equipment for pediatrics, in *Pediatric Anesthesia*, e. Gregory GA, Editor. 1994: New York: Churchill Livingstone. p. 197–225.
98. Brown TCK, F.G., *Anesthesia for children*. 1992, Blackwell Scientific Publications: London.
99. Keep PJ, M.M., Endotracheal tube sizes for children. *Anaesthesia*, 1974. 29:181-5.
100. Ferri LR, C.M., Determination of endotracheal tube size in pediatric patients. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 1992. 118:448-9.
101. King BR, B.M., Braitman LE, Seidl-Friedman J, Schreiner MS. , Endotracheal tube selection in children: a comparison of four methods. *Ann Emerg Med*, 1993. 22:530-4.
102. Takita, K., Do age-based formulae predict the appropriate endotracheal tube sizes in Japanese children? *J Anesth*, 2001. 15:145-148.
103. GN, P., Endotracheal tube sizes for children. *Anesthesia* 1974. 29:494-495.

104. Salgo B, S.A., Henze G, Stutz K, Dullenkopf A, Neff S, Gerber, Weiss M. , Evaluation of a new recommendation for improved cuffed tracheal tube size selection in infants. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006. 50:557–61.
105. GC, F., Variation in sizes of endotracheal tubes for infants and young children. . *Anaesth Intensive Care* 1973. 1:418-22.
106. Steward DJ, L.J., Techniques and procedures of pediatric anesthesia, in *Manual of Pediatric Anesthesia*, D. Steward, Lerman, J. , Editor. 2001: New York: Churchill Livingstone.
107. Orliaguet GA, R.E., Lejay M, Meyer OG, Schmautz E, Telion C, Carli PA. , Postal survey of cuffed or uncuffed tracheal tubes used for paediatric tracheal intubation. *Paediatr Anaesth*, 2001. 11:277-81.
108. I., M., Cuffed tubes in children: a 3-year experience in a single institution. . *Pediatr Anesth*, 2001. 11: 748-9.
109. Hofer CK, G.M., Tucci M, Klaghofer R, Zollinger A., How reliable is length-based determination of body weight and tracheal tube size in the paediatric age group?The Broselow tape reconsidered. *Br J Anaesth*, 2002. 88:283-5.
110. Luten RC, W.R., Broselow J, Zaritsky A, Barnett TM, Lee T, Bailey A,Vally R, Brown R, Rosenthal B. , Length-based endotracheal tube and emergency equipment in pediatrics. *Ann Emerg Med* 1992. 21:900-4.
111. Jang., H.Y., Can the Broselow Tape Be Used to Estimate Weight and Endotracheal Tube Size in Korean Children? *Acad Emerg Med*, 2007. Vol. 14, No. 5.
112. Davis D, B.L., Ririe D. , Pediatric endotracheal tube selection: a comparison of age-based and height-based criteria. *AANA J*, 1998. 66:299-303.
113. A.Varghese, Do the Length-based (Broselow) Tape, APLS, Argall and Nelson's Formulae Accurately Estimate Weight of Indian Children? *Indian Pediatrics* 2006 43.
114. Greig A, R.J., Glucksman E. , How good are doctors at estimating children's weight? *J Accid Emerg Med*, 1997. 14: 101-103.
115. Harris M, P.J., Morse, Doctors, nurses, and parents are equally poor at estimating pediatric weights. *J. Pediatr Emerg Care*, 1999. 15: 17-18.
116. Vilke GM, M.A., Fisher R, Chan TC., Estimation of pediatric patient weight by EMTPS. *J Emerg Med* 2001. 21: 125-128.

117. Anglemeyer BL, H.C., Brice JH, Zou B., The accuracy of visual estimation of body weight in the ED. . *Am J Emerg Med*, 2004. 22:526-529.
118. Shah AN, F.K., Luo X, Wears RL. , Effect of an intervention standardization system on pediatric dosing and equipment size determination: a crossover trial involving simulated events. . *Arch Pediatr Adolesc Med*, 2003. 157: 934.
119. RD., N., The First Year, in *Nelson Textbook of Pediatrics*, K.R. Behrman RE, Jenson HB,, Editor. 2004: Philadelphia: Saunders. p. 31.
120. K., M.-J., *Advanced pediatric life support: The practical approach*. 3 ed, ed. P.B. Molyneux E, Wieteska S, . 2001, London: BMJ Publishing Group. 7.
121. Argall JAW, W.N., Mackway-Jones K, Jackson R. . , A comparison of two commonly used methods of weight estimation. *Arch Dis Child* 2003. 88: 789-790.
122. Lubitz DS, S.J., Chameides L, Lutten RC, Zaritsky AL, Campbell FW. , A rapid method for estimating weight and resuscitation drug dosages from length in the pediatric age group. *Ann Emerg Med* 1988. 17: 576-581.
123. Black K, B.P., Wolfe R, Young S. , Are methods used to estimate weight in children accurate? *Emerg Med (Fremantle)*, 2002. 14: 160-165.
124. Wang TK, W.R., Chen C, Chang TC, Hsieh FS, Tan PP., Endotracheal tube size selection guidelines for Chinese children: prospective study of 533 cases. *J Formos Med Assoc* 1997. 96:325-9.
125. MD., N.E.M., A weight-based formula for tracheal tube size in children. *Pediatric Anesthesia* 2009 19: 343-348.
126. Johnson SB, P.L., Deeb LC. , Prevalence of over-weight in north Florida elementary and middle school children: effects of age, sex, ethnicity, and socioeconomic status. . *J Sch Health* 2007. 77: 630–636.
127. Rome ES, A.S., Rosen DS Children and adolescents with eating disorders: the state of the art. *Pediatrics*, 2003. 111: 98-108.
128. Eck, J.B., Prediction of tracheal tube size in children using multiple variables. *Paediatric Anaesthesia*, 2002 12: 495-498.
129. EH., J., Recovery of the pediatric patient from anesthesia, in *Pediatric Anesthesia*, G. GA, Editor. 1989: New York: Churchill Livingstone. p. 619–46.
130. RM., S., *Anesthesia for Infants and Children*. 1980, St Louis: Mosby Company.
131. Schwartz RE, S.S., Pasquariello CA. , Tracheal tube leak test - is there inter-observer agreement? *Can J Anaesth* 1993. 40: 1049-1052.

132. Lange M, J.S., Nikischin W. , Detection and correction of endotracheal-tube position in premature neonates. *Pediatr Pulmonol*, 2002. 34:455-61.
133. Priti G. Dalal, M., FRCA. P. , Pediatric Laryngeal Dimensions: An Age-Based Analysis. *ANESTHESIA & ANALGESIA*, May 2009. Vol. 108, No. 5.
134. Sellars I, K.E., Laryngeal growth in infancy. *J Laryngol Otol*, 1990. 104:622-5.
135. Too-Chung MA, G.J., The rate of growth of the cricoid cartilage. *J Laryngol Otol*, 1974. 88:65-70.
136. Fayoux P, D.L., Merrot O, Marciniak B., Determination of endotracheal tube size in a perinatal population: an anatomical and experimental study. *Anesthesiology* 2006. 104:954-960.
137. Fine GF, B.L., The future of the cuffed endotracheal tube. *Pediatr Anesth*, 2004. 14:38-42.
138. Masters IB, W.R., Zimmerman PV, Lovell B, Wootton R, Francis PV, Chang AB. BMC Airway sizes and proportions in children quantified by a video-bronchoscopic technique. *pulm med* 2006. 6:5.
139. Gould SJ, G.J., Longterm pathological sequelae of neonatal endotracheal intubation. *J Laryngol Otol*, 1989. 103:622-5.
140. Garel C, H.M., Legrand I, Elmaleh M, Narcy P., Laryngeal ultrasonography in infants and children: pathological findings. . *Pediatr Radiol*, 1991. 21:164-167.
141. EJ., L., Ultrasound of the larynx. *Imaging* 2003. 15:109-114.
142. WH., D., Histopathology of endotracheal intubation. An autopsy study of 99 cases. . *Arch Pathol*, 1969. 88:511-20.
143. Seymour AH, P.N., A cadaver study to measure the adult glottis and subglottis: defining a problem associated with the use of double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2002. 16:196-8.
144. Eckel HE, S.C., Zorowka P, Jerke A., Dimensions of the laryngeal framework in adults. *Surg Radiol Anat* 1994. 16:31-6.
145. Hudgins PA, S.J., Jacobs I, Abramowsky CR. , The normal pediatric larynx on CT and MR. . *AJNR Am J Neuroradiol*, 1997. 18:239-45.
146. Ding LW, W.H., Wu HD, , Laryngeal ultrasound: a useful method in predicting post-extubation stridor. A pilot study. . *Eur Respir J*, 2006. 27:384-9.
147. Bertolani M, C.B.P., Spina V., Spin-echo anatomy of the larynx in MRI at 1.5 T. *J Radiol*, 1993. 74:1-12.

148. Erb T, F.F., The use of cuffed endotracheal tubes in infants and small children. *Anaesthesist* 2001. 50:395-400.
149. Eipe, N., A weight-based formula for tracheal tube size in children. *Pediatric Anesthesia*, 2009 19: 343-348.
150. Bruno Marciniak, M., Airway Management in Children: Ultrasonography Assessment of Tracheal Intubation in Real Time? *ANESTHESIA & ANALGESIA*, 2009. Vol. 108, No. 2.
151. Husein M, M.J., Platt R, Patenaude Y, Drouin S, Gigue`re C. , Ultrasonography and videobronchoscopy to assess the subglottic diameter in the paediatric population: A first look. *J Otolaryngol* 2002. 31:220-6.
152. S., S., Sonographic appearance of cricoid cartilage calcification in healthy children. *AJR Am J Roentgenol*, 2000. 174:223-8
153. Pettersson H, R.H., *Measurements in pediatric radiology*. London:Springer, 1991. 103-105.