

Havayolu Anatomisinin Ultrasonografik Olarak İncelenmesi ve Klinik Kullanımı

Ultrasonographic Assessment of the Airway Anatomy and Clinical Use

Alper Kılıçaslan, Ahmet Topal, Atilla Erol, Funda Gök

Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon A.D., Konya

Özet

Havayolu anatomisinin ve ilgili patolojik yapıların tanınması özellikle anestezi, yoğun bakım, acil tıp, göğüs hastalıkları ve KBB uzmanları için temel klinik becerilerdir. Havayolu yönetimini etkileyen birçok anatomik yapı bulunmaktadır ve en iyi şartlarda bile eksternal anatomik mihenk noktaları bu yapıların tam olarak değerlendirilebilmesi için yetersizdir. Özellikle vasküler girişimler ve reyonel anestezi uygulamalarında yaygın olarak olarak kullanılan yatak başı ultrasonografi (USG), havayolu yapılarının görüntülenmesinde de faydalı olabilir. Bu yazıda havayolu yapılarının USG ile nasıl görüntülenebileceği ve klinik pratikte nasıl kullanılabileceği literatür eşliğinde tanımlanmaktadır.

Abstract

The identification of the airway anatomy and associated pathological structures are the basic clinical skills for the especially specialists of anesthesiology, intensive care, emergency medicine, chest diseases and ENT. There are a lot of anatomical structures, which affect the airway management and external anatomical landmarks are insufficient for the complete evaluation of these structures, even in the best conditions. Bedside ultrasonography, which is used especially in the vascular interventions and regional anesthesia applications extensively, can also be useful in the visualization of the airway structures. In this paper, these two issues of how the airway structures can be visualized by USG and of how this information can be used in clinics are defined together with the literature.

Anahtar kelimeler: Sonoanatomisi, Havayolu, Ultrasonografi

Key words: Sonoanatomy, Airway, Ultrasonography

GİRİŞ

Üst ve alt havayolu uygulamaları, ilgili patolojik yapıların ve komplikasyonların tanınması; özellikle anestezi, yoğun bakım, acil tıp, göğüs hastalıkları ve KBB uzmanları için temel klinik becerilerdir. Ancak havayolu yönetimini etkileyen birçok anatomik yapı bulunmaktadır ve en iyi şartlarda bile eksternal anatomik mihenk noktaları bu yapıların tam olarak değerlendirilebilmesi için yetersizdir. Bu nedenle havayolu uygulamalarında bir takım görüntüleme metodlarına ihtiyaç duyulabilmektedir. Özellikle vasküler girişimler ve reyonel anestezi uygulamalarında yaygın olarak kullanılan yatak başı ultrasonografiden (USG) havayolu yapılarının görüntülenmesinde de faydalanılabilir. USG güvenli, çabuk ulaşılabilen, hızlı sonuç alınan, taşınması kolay ve havayolunun çok farklı açılardan gerçek zamanlı olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan bir görüntüleme aracıdır (1). Bu yazıda üst ve alt havayolu yapılarının USG ile nasıl görüntülenebileceği ve klinik pratikte nasıl kullanılabileceği literatür eşliğinde tanımlanmaktadır.

Temel Prensipler

Bir USG probu içerisinde yer alan 'transducer' aracılığıyla dokulara gönderilen ve geri yansıyan ses dalgaları elektronik sinyallere dönüştürülür ve A-mod (Amplitüd - Şiddet modu), B-mod (Brightness - parlaklık modu) veya M-mod (Motion - hareket modu) ile görüntülenebilir. Günlük uygulamalarda en sık, bir vücut kesitin taraması sonucu elde

edilen ekonun ekranda iki boyutlu bir görüntü oluşmasını sağlayan B-mod kullanılmaktadır. Hareket modu (M-mod), doku boyunca alınan tek bir hatta ait B-mod görüntülerin birbirini izleyen hızlı sekanslar halinde yazdırılmaları sonucu elde edilen görüntüdür. M-mod, tek bir kesite ait hareketlerin kaydedilmesi ve zamansal değişimlerinin incelemesi amacıyla kullanılır, yüksek hızlı hareketlerin kaydedilmesi ve zamansal incelemesinde kullanılan tanı yöntemidir. (2). Farklı dokular farklı akustik empedansa sahiptirler ve ultrason dalgalarının geri yansıması bu farklılıklara göre değişkenlik gösterir. Yumuşak dokular veya damar içindeki kan USG dalgalarına çok az direnç gösterdiklerinden zayıf bir ekoya sahiptirler (hipoekoik) ve ekranda siyah renkte görülürler. Yağ ve kemik yapılar ise güçlü eko oluşturdıklarından hiperekoik olarak adlandırılırlar ve beyaz renkte görülürler. USG dalgaları kemik yüzeyine ulaştığında güçlü bir eko ve yansıma ortaya çıkmakla birlikte bu beyaz çizgiden daha derindeki neredeyse tüm yapılar "akustik gölgelenme" nedeniyle görüntülenemezler. Krikoid, tiroid ve trakea gibi kartilaj yapılar homojen, hipoekoik görünümündedirler (3). Ancak kartilaj yapılar özellikle erkeklerde 18-20 yaşlarından sonra kalsifiye olma eğilimindedirler ve bu nedenle ileri yaşlarda hiperekoik görünüm kazanırlar. Bu durum ise görüntüleme kalitesinin cinsiyete ve yaşa göre değişebildiği anlamına gelmektedir. Kaslar ve bağ doku membranları hipoekoik görünürler ancak kartilaj yapılardan daha fazla heterojen ve striyalı olan bir görünüme sahiptirler. Submandibular ve tiroid bezleri gibi glandüler yapılar çevre

dokulara göre homojendirler ve parankim içindeki yağ içeriğine bağlı olarak hafif veya orta derecede hiperkoik görünümler (3-5).

Hasta Pozisyonu ve Transduser Seçimi

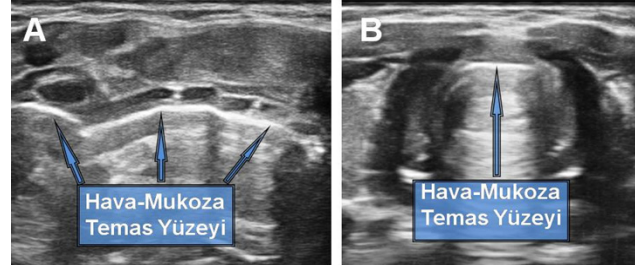
Kontrendike bir durum yok ise boyun fleksiyonda ve baş ekstansiyonda (koklama pozisyonunda) iken tarama yapılması uygundur. Yüzeysel (ciltten 2-3 cm derinlikteki) havayolu yapılarının değerlendirilmesi için en uygun olan yüksek frekanslı lineer transduserdir. Daha geniş görüş alanından dolayı düşük frekanslı konveks transduser submandibuler bölgenin sagittal ve koronal görüntülenmesi, supraglottik bölgenin sagittal ve parasagittal görüntülenmesi için uygundur. Mikro konveks transduser ise iki kosta arasından plevranın görüntülenebilmesini sağlar (3). Eğer tek bir transduser seçmeniz gerekirse lineer yüksek frekanslı transduser havayolu ile ilgili birçok uygulama için yeterlidir. Maksimum fayda için havayolu uygulamalarında USG taraması dinamik olarak yapılmalıdır. Örneğin transduser özefagusu ve trakeayı görüntüleyebilecek şekilde yerleştirildiğinde endotrakeal entübasyon girişimi esnasında tüpün trakeada veya özefagusta ilerlediği gerçek zamanlı olarak görülebilir. Ancak USG işlemi entübasyon denemesinden sonra yapılırsa tüpün yerinin belirlenmesi zorlaşacaktır.

Hava ve Ultrason Dalgaları

Diğer vücut bölgelerinden farklı olarak havayolu yapılarının ultrasonografisi bir takım zorluklar taşır. Hava, USG dalgaları için çok kötü bir iletendir. USG dalgaları dokuyu geçtikten sonra havaya nüfuz edemezler ve hava ile temas ettikleri yerde parlak, hiperekoik bir hat görülür. Bu hat hava-mukoza temas yüzeyi (HMTY) olarak adlandırılır (4) (Şekil 1). HMTY altında, hava ile dolu boşlukta sadece kuyruklu yıldız ve çoklu paralel çizgilerden oluşan yankı artefaktları gibi hava artefaktları görüntülenir. Lümen içerisindeki hava artefaktları, posterior farenks, posterior kommissür ve trakeanın posterior duvarı gibi yapıların görüntülenmesini engeller ancak anterior duvarın net olarak tespit edilmesini sağlar (Şekil 2). Sonuçta dil yüzeyinden plevraya kadar anterior mukozal hat görüntülenebilirken posterior yapıların değerlendirilmesi zordur. Diğer yandan plevra /akciğer sınırında ortaya çıkan artefakt görüntüleri yorumlanarak birçok yararlı bilgi elde edilmektedir(6). Ultrasonografinin havayolu ile ilgili diğer bir kısıtlayıcı faktörü de anatomik yüzeyin (ekstremitelerden farklı olarak) düz olmamasıdır. Bu nedenle prob ile cildin teması her zaman tam olarak sağlanamayabilir. "Adem Elması" olarak adlandırılan tiroid kartilaj çıkıntısı özellikle erkeklerde transduserin cilt ile tam temasını engellemektedir (7). Bu durum sagittal orta hat taramasını zorlaştırır. Bu nedenle tarama sırasında prob ve cilt arasında hava kalmayacak şekilde jel kullanılmalıdır. Diğer yandan cilt yüzeyinde jelin fazla olması görüntüleme esnasında probun sabit tutulmasını zorlaştırabilir. Düz olmayan yüzeylerin taramasında etkinliği gösterilmiş olan "jel yastık" bu amaçla kullanılabilir (7,8).

Havayolu İle İlgili Yapıların Görüntülenmesi

Konvansiyonel transkütanöz USG ile çene ucundan suprasternal çentik seviyesinde trakeanın ortasına kadar havayolu yapıları, daha ileride akciğer ve diafram görüntülenebilir (9). Daha ayrıntılı incelemeye olanak sağlayan transözefagal ve bronkoskopik USG gibi özel tekniklerden bu yazıda bahsedilmeyecektir. Üst havayollarının USG ile taranması hyoid kemiğe göre suprahoid ve infrahyoid bölge olarak ayrılabilir. Burada suprahoid bölgede konveks transduserin submandibular alana başlıca koronal plan ve transvers plan olmak üzere iki farklı düzlemde yerleştirilmesi ile mentumdan hyoid kemiğe kadar ağız tabanının tüm katları, dil kasları, tükürük bezlerive bazı özel uygulamalarla damağın nasıl görüntülenebileceğinden bahsedilecektir. Infrahyoid bölgede ise başlıca hyoid kemik, epiglot, süperiorlarengal sinir blokaj alanı, tiroidkartilaj, tirohyoid membran, yalancı ve gerçek vokal kordlar,



Şekil 1. Hava- mukoza temas yüzeyi (HMTY); parlak, hiperekoik bir hat şeklinde görülmektedir. A) Krikoid kartilaj ve trakea halkaları seviyesinde longitudinal tarama (B) Krikoid kartilaj seviyesinde transvers tarama

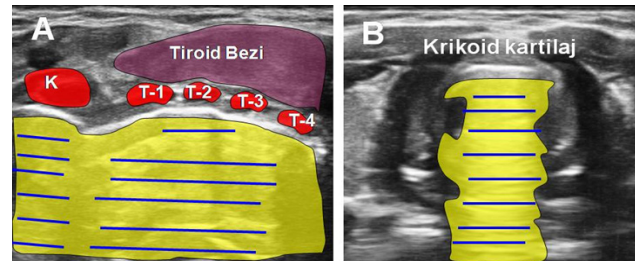
krikoidkartilaj, krikotiroid membran, trakea halkaları, tiroid bezi, özefagus ve çevre yapıların nasıl görüntülenebileceğinden bahsedilecektir.

Submandibular Bölge

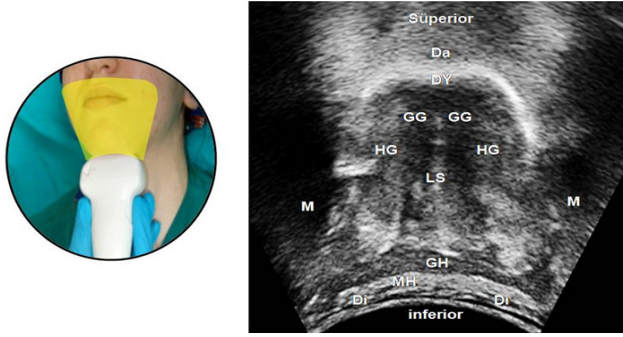
USG, submandibular bölgede ağız tabanı, dil ve çevre yapıların değerlendirilmesinde kullanılabilir (10,11). Düşük frekanslı konveks transduser mentumun hemen posterioruna koronal planda yerleştirilir ve hyoid kemiğe kadar taranırsa ağız tabanının tüm katları, dil kasları değerlendirilebilir. Her iki tarafta mandibulanın akustik gölgesi bu görüntüyü sınırlar (Şekil 3). Düşük frekanslı konveks transduser submental alana sagittal planda yerleştirildiğinde çene ucundan hyoid kemiğe kadar ağız tabanının ve dilin büyük bir bölümü, longitudinal olarak tek bir görüntüde değerlendirilebilir. Anteriorda mandibulanın simfiz bölgesinden ve posteriorda hyoid kemikten kaynaklanan akustik gölgelenme bu görüntüyü sınırlar (Şekil 4).

Ağız Tabanı ve Dil

Transduser, hyoid kemik ile mentum arasındaki submandibular bölgenin orta noktasına transvers planda yerleştirildiğinde; hipoeoik görünümdeki çeşitli kas tabakaları ağız tabanında görüntülenebilir. En yüzeysel tabaka olan platizma kasının subkütan dokudan ayırt edilmesi genellikle zordur. Digastrik kasın ön karnı kesitte görüntülenmektedir. İnce kavisli bir bant şeklindeki mylohyoid kas her iki tarafta mandibular ramusa bağlanır. Mylohyoid kasın altındaki geniohyoid kas daha hipoeoik ve kalın bir bant şeklinde görülür. Lingual septum (LS), orta hatta vertikal hiperekoik bir çizgi şeklinde görülmektedir. Geniohyoid kasın daha derininde, lingual septumun her iki yanında uzanan striali hipoeoik görünümü yapılar genioglossus kaslarıdır. Genioglossus



Şekil 2. HMTY altında sarı renkle çevrilmiş alandaki hava ile dolu boşlukta oluşan kuyruklu yıldız ve çoklu paralel çizgilerden oluşan yankı artefaktları görülmektedir A) Krikoid kartilaj ve trakea halkaları seviyesinde longitudinal tarama (B) Krikoid kartilaj seviyesinde transvers tarama. K; krikoid kartilaj, T1-T4; trakea halkaları



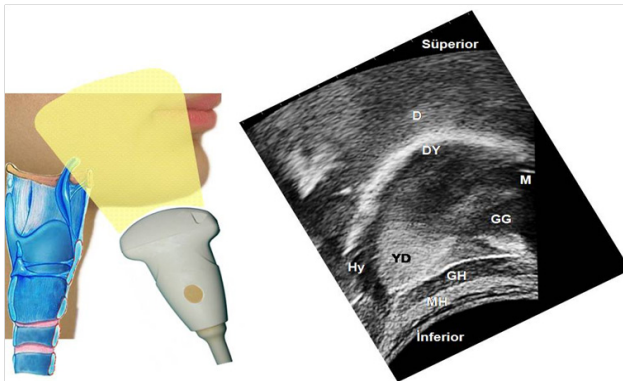
Şekil 3. Düşük frekanslı konveks transduserin hyoid kemik ile mentum arasındaki submandibular bölgenin orta noktasına koronal planda yerleştirilmesiyle elde edilen sonografik görüntü. Da; damak, Di;diğastrik kas, DY;dil yüzeyi, GG; genioglossus, GH; geniogyoid, HG; hyoglossus, LS; lingualseptum; M; mandibula, MH; milohyoid

kaslarının lateralinde uzanan hyoglossus kasları ise biraz daha hiperekoik ve heterojen görünümde dirler (Şekil 3). Transduser, sagittal planda yerleştirildiğinde mylohyoid ve geniogyoid kaslar mandibula ve hyoid kemik arasında uzanan farklı yoğunluktaki lineer hipoekoik bantlar şeklinde görüntülenmektedirler. Geniogyoid kasında derininde yerleşimli genioglossus kası dilin dorsal yüzeyine doğru yelpaze şeklinde uzanmaktadır (Şekil 4).

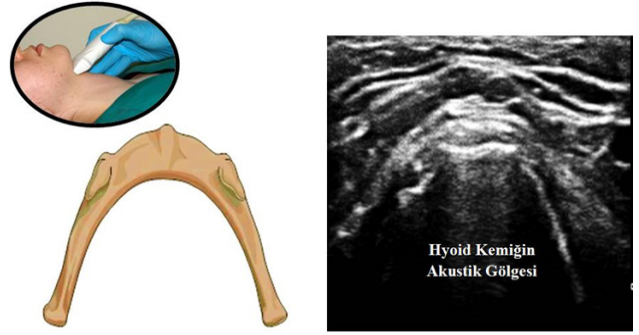
Dil ağız tabanı kaslarının derininde görüntülenmektedir. Dilin dorsal yüzeyi HMTY'ne bağlı olarak belirgin kurvi lineer hiperekoik bir hat şeklinde görüntülenir (12). Dilin 6 tane ekstrinsik kasından geniogyoid, genioglossus, ve hyoglossus kasları yukarıda açıklandığı şekilde sonografik olarak görüntülenebilirken; stiloglossus palatoglossus ve faringo glossus kasları her iki tarafta mandibular ramus ve mastoid kemik tarafından gizlenirler. İntrinsik kasları dile striali bir sonografik görüntü sağlarlar (4). Dil damağa dokunduğunda veya ağız içine su alınarak tutulduğunda damağın da görüntülenebilmesi mümkündür (11).

Tükürük bezleri

Tükürük bezleri, lineer bir transduserin submandibular bölgede, mandibulaya paralel olarak yerleştirilmesiyle homojen hiperekoik



Şekil 4. Düşük frekanslı konveks transduserin submandibular bölgede sagittal planda yerleştirilmesiyle elde edilen sonografik görüntü. M; mentum, Hy; hyoidkemik, YD; sublingual yağ dokusu, D; damak, DY; dil yüzeyi, GG; genioglossus, GH; geniogyoid, MH; milohyoid



Şekil 5. Hyoid kemiğin transvers planda yüksek frekanslı lineer transduser ile elde edilmiş sonografik görünümü.

yaşar şeklinde görüntülenebilirler. Submandibular bez üçgen şeklinde ve sublingual bezlerin posteriyöründe ve angulus mandibulaya yakın olarak yerleşmiştir (13).

İnfrahyoid Bölge

Düşük frekans konveks transduser submandibular bölgede sagittal düzlemde orta hatta yerleştirildiğinde suprahoid ve infrahoid alanın tek bir görünümde görüntülenmesi mümkündür. Bununla birlikte, sagittal ve transvers planda yerleştirilen yüksek frekanslı lineer transduser infrahoid bölgede anatomik yapıların ayrıntılı incelemesi için daha uygun olacaktır.

Hyoid Kemik

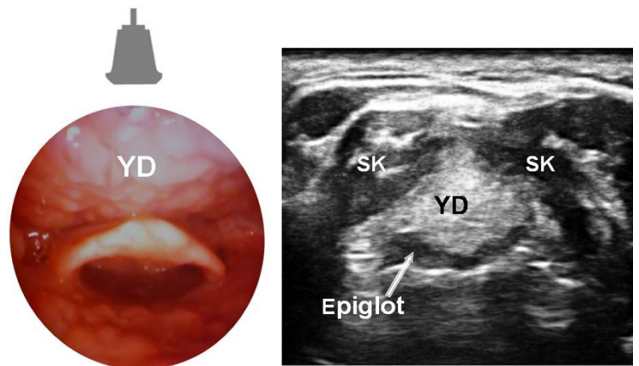
Hyoid kemik üst havayolunu suprahoid ve infrahoid olmak üzere 2 ayrı tarama bölgesine ayırır. Transvers görüntüde posterior akustik gölgesi ile birlikte, yüzeyel hiperekoik "ters U" veya "kemerli köprü" şeklinde çizgisel bir yapı olarak görülür (Şekil 5). Sagittal ve parasagittal görüntüde hyoid kemik, enine kesitte dar akustik gölgesi olan kavisi hiperekoik bir yapı şeklinde görülür (Şekil 5).

Epiglot

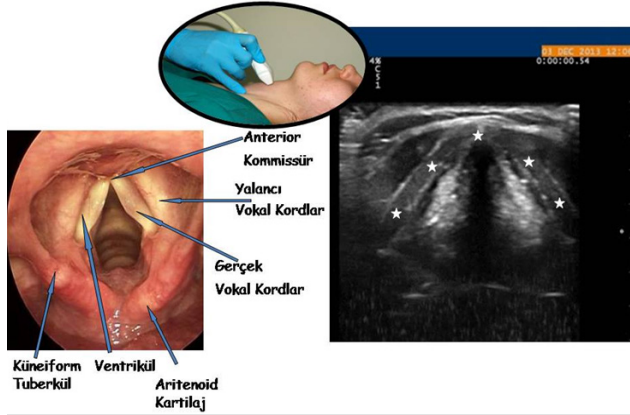
Epiglot, parasagittal ve transvers görüntülerde kurvilineer hipoekoik bir yapı olarak görünür. Epiglotun anterior kenarında hiperekoik (yağ dokusundan zengin) preepiglottik alan ve posterior kenarında parlak bir hat olan HMTY görüntülenmektedir (Şekil 6).

Tiroid kartilaj

Tiroid kartilaj sagittal ve parasagittal planda lineer hipoekoik bir



Şekil 6. Epiglotun transvers planda yüksek frekanslı lineer transduser ile elde edilmiş sonografik görünümü. YD: yağ dokusu SK : strep kaslar



Şekil 7. Tiroid kartilaj, yalancı-gerçek vokal kordlar ve çevre anatomik yapıların fiberoptik bronkoskop ile elde edilmiş görüntüleri (solda). Tiroid kartilajın (yıldız ile işaretlenmiş) yalancı vokal kordlar seviyesinde (transvers planda) yüksek frekanslı lineer transduser ile elde edilmiş sonografik görünümü (sağda)

yapı olarak görünür ve ön duvarının posterior kenarı HMTY sayesinde belirgindir. Transvers görüntüde içinde yalancı ve gerçek vokal kordların görüldüğü ters V şekline sahiptir (şekil 7-8).

Vokal kordlar

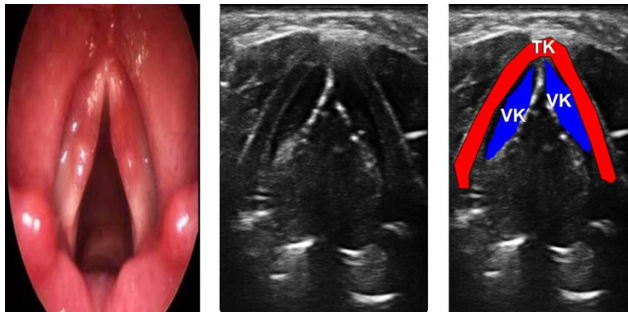
Tiroid kartilaj seviyesinde transvers olarak yerleştirilen lineer transduser tiroid kartilaj üzerinde sefalo-kaudad yönde kaydırıldığı zaman yalancı ve gerçek vokal kordlar ayrı ayrı görüntülenebilir. Yalancı vokal kordlar sefal yerleşimli, gerçek vokal kordlara paralel olarak uzanan daha kaba ve hiperekoik görünümlü yapılardır (Şekil 7). Gerçek vokal kordlar hiperekoik vokal ligamentler ile çevrilmiş hipoekoik görünümde (vokal kaslar), üçgen şeklindeki yapılardır (Şekil 8).

Krikoid kartilaj

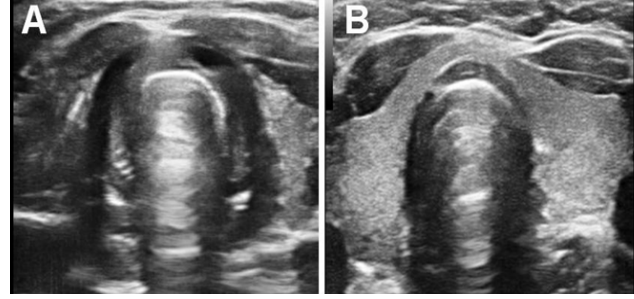
Krikoid kıkırdak sagittal planda yuvarlak hipoekoik görünümündedir. Transvers görünümde ise "ters U" veya "yay" şeklindedir. Ön duvarının posterior yüzeyi parlak HMTY ve lümen içindeki havadan kaynaklanan yankı artefaktı nedeniyle belirgindir (Şekil 9).

Trakea kartilaj halkaları

Diğer kartilaj yapıları gibi, trakeal halkalar da hipoekoik görünürler. Parasagittal ve sagittal görüntülerde krikoid kartilajdan daha küçük ve



Şekil 8. Tiroid kartilajın gerçek vokal kordlar seviyesinde (transvers planda) yüksek frekanslı lineer transduser ile elde edilmiş sonografik görünümü. TK; tiroid kartilaj, VK; gerçek vokal kordlar



Şekil 9. (A) Krikoid katilajın, (B) trakea halkalarının transvers planda yüksek frekanslı lineer transduser ile elde edilmiş sonografik görüntüleri.

daha posterior yerleşimlidirler. Trakea halkalarının birlikte izlenmesi "boncuk" veya "inci" dizisine benzetilebilir. Transvers görüntüde anterior duvarın posterior yüzeyinde lineer hiperekoik HMTY ile ve lümen içinde yankı artefaktları ile belirginleşen "ters U" şeklindedir (Şekil 9).

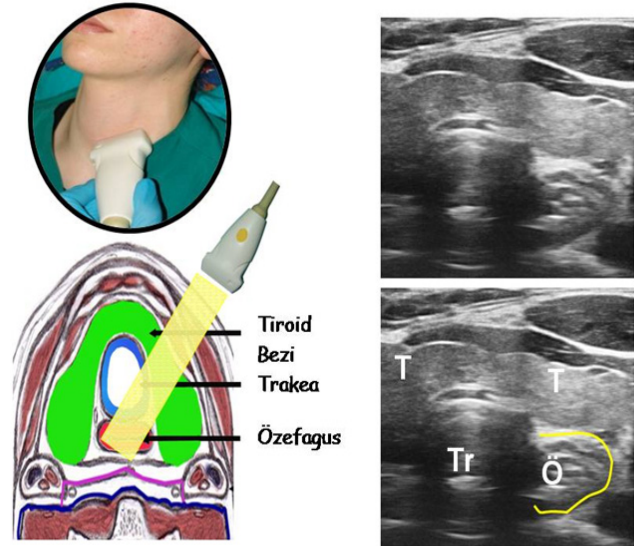
Tiroid bezi

Suprasternal çentiğin 2-3 cm üzerinde, transvers görüntüde trakeanın antero-lateralinde tiroid bezinin 2 lobu ve istmus görüntülenebilir. Tiroid bezi homojen biçimde, hiperekoik ve ince benekli görünümlüdür (Şekil 10).

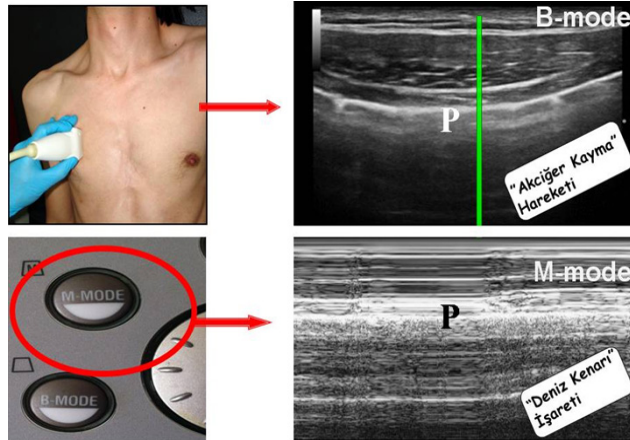
Özefagus

Özefagus suprasternal çentik seviyesinde transvers planda trakeanın postero-lateralinde (genellikle solda) ve tiroid bezinin posteriorunda görüntülenir. Ayrıca hastalardan yutmaları istendiğinde özefagus lümeninin peristaltik hareketi ve özefagus duvarının konsantrik tabakaları izlenebilir (Şekil 10).

Akciğer Ultrasonografisi

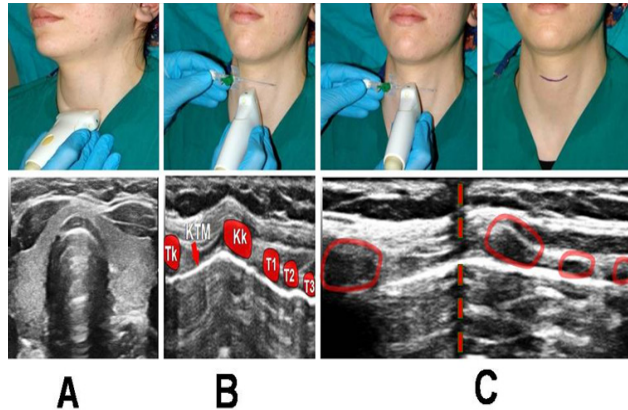


Şekil 10. Özefagusun, tiroid bezinin ve trakeanın transvers planda, suprasternal çentiğin 2-3 cm üzerinde, boynun sol tarafında yüksek frekanslı lineer transduser ile elde edilmiş sonografik görüntüleri. T; tiroid bezi, Tr; trakea, Ö; özefagus



Şekil 11. Akciğer ultrasonografisi sırasında B-mod ile elde edilen "akciğer kayma" hareketi ve M-mod ile elde edilen "deniz kenarı" işareti. P;plevra

Bu yazıda entotrakeal entübasyonun doğrulanması amacıyla uygulanabilecek basit hasta başı akciğer ultrasonografisinden bahsedilecektir. Transduser longitudinal olarak interkostal aralık üzerine yerleştirildiğinde; hiperekoik çizgilerinin altında gölgeleriyle birlikte kostalar, kostaların arasında kas ve bağ dokudan oluşan toraks duvarı ve altında hiperekoik düz bir çizgi şeklindeki visseral ve pariyetal plevralar görülür (Şekil 11). Ventilasyon ile senkronize olarak visseral

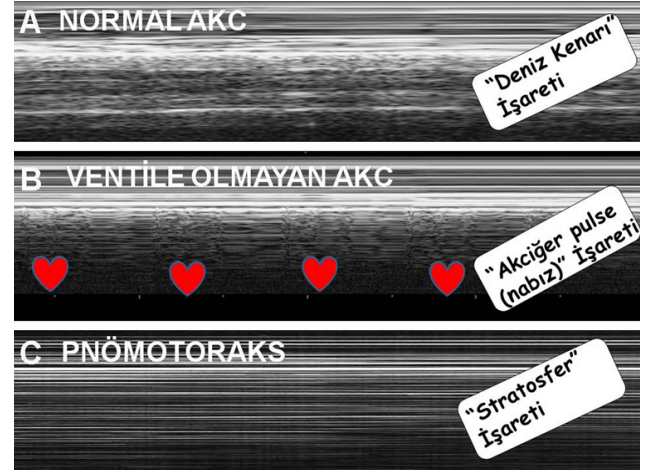


Şekil 12. Krikotroid membranın lokalizasyonu.

(A) Hasta supin pozisyonunda iken sternum tespit edildikten sonra (ne kadar obez olursa olsun sternum tüm hastalarda palpe edilebilir) lineer yüksek frekanslı transduser boyuna, suprasternal çentiğinin hemen üstüne transver planda yerleştirilir ve trakea orta hattta tespit edilir.

(B) Daha sonra transduser, longitudinal tarama için sagittal plana çevrilir. Rotasyon sırasında trakea kartilajlarının ve hava-mukoza temas çizgisinin kaybedilmemesi orta hattta kalmayı sağlayacaktır. Sagittal orta hattaki transduser; trakea halkalarından daha büyük ve daha anterior yerleşimli olan krikoid kartilaj tespit edilene kadar kranial yönde ilerletilir. Tk; Troidkartilaj, KTM; krikotroid membran; Kk; krikoid kartilaj, T1-T3; Trakea halkaları

(C) Krikoid kartilaj tespit edildikten sonra işaretleyici olarak bir iğne transduser ile cilt arasına yerleştirilir ve kranial taraftan hareket ettirilir. İğnenin gölgesi krikoid kartilajın kranial sınırında iken transduser kaldırılır ve iğnenin bulunduğu bu nokta krikotroid membranın distal sınırı olarak işaretlenir. Kesik çizgi; transduser altında kaydırılan işaretleyici iğnenin gölgesi.



Şekil 13. Akciğer ultrasonografisi sırasında elde edilen 3 farklı klinik duruma ait M-mod görüntüleri karşılaştırılmaktadır.

(A) Normal akciğerin ventilasyonu sırasında elde edilen "deniz kenarı" işareti

(B) Normal akciğer dokusu bulunan hastada herhangi bir nedenle ventilasyonun olmadığını gösteren "akciğer pulse (nabız)" işareti. Kalp şekli; kalp atımları ile senkronize değişen çizim bölgelerini göstermektedir.

(C) Pnömotoraks varlığında elde edilen "stratosfer" işareti

plevranın pariyetal plevraya göre solunumsal hareketi görülebilen ve bu hareket "akciğer kayma hareketi (lung sliding)" olarak adlandırılır (6,14). Akciğer ventilasyon hareketi bu anda alınan M-Mod görüntüsüyle daha iyi değerlendirilebilir. Normal bir akciğere sahip hastanın normal şartlar altındaki ventilasyonunda M-mod görüntüsünde plevral hattın üzerinde kalan hareketsiz kısım dalgalara, altındaki hareketli kısım kuma benzetilmiş ve bu görüntü "deniz kenarı işareti (seashore sign)" olarak adlandırılmıştır (6,14) (Şekil 11) .

Klinik Uygulamalar

Havayolu uygulamalarında ultrasonografi kullanımı ile ilgili literatürde yayınlanmış birçok endikasyon mevcuttur. Bu bölümde en sıklıkla kullanılan havayolu uygulamalarına odaklanılacaktır.

Krikotroid membranın lokalizasyonu

Tüm zor havayolu algoritmalarında son kaçış krikotrotomidir. Havayolu yönetiminde çok önemli rol oynamasının yanında krikotroid membranın lokalizasyonu özellikle obezlerde, kadın hastalarda ve çocuklarda zordur. Yapılan bir çalışmada anestezi uzmanları, anatomik mihenk noktaları rehberliğinde ve palpasyon ile vakaların sadece % 30'unda doğru yer tespitinde bulunabilmişlerdir (15). USG krikotroid membranın doğru ve hızlı lokalize edilmesini sağlar (16). Zor entübasyon durumu gelişebilecek veya acil cerrahi havayolu gerekebilecek hastalarda krikotroid membranın önceden lokalizasyonu ve işaretlenmesi hem zaman kaybedilmemesini hem de başarımın artırılmasını sağlayacaktır (16,17). Krikotroid membran tiroid kartilajın kaudal kenarı ile krikoid kartilajın sefalad kenarı arasında uzanır. Sagittal ve parasagittal görüntülerde hipoeoik tiroid ve krikoid kartilajları bağlayan hiperekoik bir bant şeklinde açıkça görülebilir (Şekil 12). Krikotroid membranın USG ile basit ve sistematik biçimde lokalizasyon yöntemlerinden birisi şekil 12'de gösterilmektedir.

Zor havayolunun ultrasonografi ile tahmin edilmesi

Preoperatif dönemde uygulanan multiple havayolu değerlendirme testlerine rağmen hala % 1-8 oranında beklenmeyen zor entübasyon

gelişebilmektedir (18). Bu nedenle zor havayolunun önceden tahmin edilmesinde ultrasonografinin kullanımı ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar temel olarak çeşitli sonoanatomik ölçümler yapılmasına dayanmaktadır. Morbid obez hastalarda vokal kord ve suprasternal çentik seviyesinde orta hatta cilt ile larenks ve trakea ön duvarı arasındaki mesafe zor laringoskopi mevcut olan hastalarda anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (19). Obez hastalarda yapılan diğer bir pilot çalışmada; başın ekstansiyon pozisyonunda ölçülen hyomenal mesafenin nötral pozisyonunda ölçülen hyomenal mesafeye oranı zor havayoluna sahip hastalarda 1.1'in altında iken, normal havayoluna sahip hastalarda 1.1'in üstünde bulunmuştur (20). Elektif hastalarda yapılan bir çalışmada ise boyun ön bölgesinde "tiroid membran" seviyesinde ölçülen cilt ile epiglot arasındaki yumuşak doku kalınlığının 2.8 cm'nin üzerinde olması zor laringoskopi ile ilişkili bulunmuştur.

Trakeostomi-Perkütan dilatasyonel trakeostomi

Yüzeysel mihenk noktalarının palpasyonu çok zor olan veya mümkün olmayan hastalarda trakeanın lokalize edilmesi güçtür. Ultrasonografi, cerrahi trakeostomi ve perkütan dilatasyonel trakeostomi işlemleri esnasında trakeanın lokalize edilmesine, optimum kartilaj aralığının ve kanül boyutunun belirlenmesine, geniş venlerin bulunabileceği cilt-trakea arasındaki dokunun izlenmesi ile hemoraji kontrolüne katkı sağlamaktır (21-24). Perkütan trakeal iğne girişi esnasında ultrasonografinin gerçek zamanlı olarak kullanıldığı bir çalışmada % 89 ilk giriş ve % 11 ikinci giriş başarısı elde edilmiştir (25). Çocuklarda USG kullanımının trakeostomiye bağlı posterior duvar yaralanmalarını, krikoid kartilaj ve 1. trakea halkasının hasarını, hemoraji ve pnömotoraks gelişimini önleyebileceği bildirilmiştir (26).

Havayolu uygulamalarını etkileyebilecek patolojik yapıların belirlenmesi

Havayolu uygulamalarını etkileyebilecek papillom, kist, hemanjiom veya malign lezyonlar gibi kiteller USG ile görüntülenebilir (27,28). Fetal havayolunda obstrüksiyona neden olabilecek lenfatik malformasyon veya servikal teratomlar gibi tümörler prenatal USG ile görüntülenebilmektedir (29).

Havayolu ile ilişkili sinir blokları

Uyanık fiberoptik entübasyon veya laringoskopi esnasında valsalva benzeri reflekslerin baskılanması amacıyla süperior laringeal sinir blokajına ihtiyaç duyulmaktadır. Süperior laringeal sinirin internal dalı hyoid kemiğin yaklaşık bir cm altından tirohyoid membranı penetre etmektedir. Boyutu çok küçük olan süperior laringeal sinirin görüntülenmesi zordur. Bu nedenle hyoid kemiğin büyük boynuzu ve süperior laringeal arter ultrasonografi yardımıyla tespit edilerek bu iki yapının arasına lokal anestezi enjeksiyonu ile blokajın sağlanabileceği bildirilmiştir (30,31).

Endotrakeal/endobronşiyal tüp boyutunun belirlenmesi

Çocuklarda ve genç yetişkinlerde subglottik bölgenin çapının ölçülmesinde ultrasonografinin, altın standart görüntüleme metodu olan MR ölçümleriyle korele olduğu bildirilmiştir (32,33). Diğer bir çalışmada BT görüntülerinde ölçülen trakea ile sol ana bronş çapları arasında sabit bir oran (0.68) bulunduğu ve bu orana dayanarak, sol çift lümenli bronşiyal tüp boyutunun, trakea çapının USG ile ölçülmesi ile belirlenebileceği gösterilmiştir (34, 35).

Endotrakeal tüp yerleştirilmesinin doğrulanması

Endotrakeal tüpün trakeada veya özefagusta ilerleyişi direkt olarak boyun ön yüzünden (tiroid kartilaj veya suprasternal çentik seviyesinden) yapılan gerçek zamanlı tarama ile ve indirekt olarak plevra veya diyafram seviyesinden ventilasyonun tespit edilmesi ile doğrulanabilir. Üçgen şeklinde görünen glottis açıklığı trakeal entübasyon sonrasında

genişleyerek daha geniş ve yuvarlak olarak görülür. Tüp eğer özefagusa girmişse; özefagusun boyutu artar, özefagus lümeni içerisinde trakea görüntüsüne benzer hava artefaktları görülür. Trakeanın yanında tüpün özefagusta görüntülediği bu imaj "çift trakea" işareti olarak adlandırılır (36). Direkt tarama ile trakeal entübasyonun doğrulanmasının ventilasyona, end-tidal karbondioksit seviyesi ve oskültasyona ihtiyaç gerektirmemesi gibi avantajları vardır. Direkt tarama sırasında özefagus entübasyonu anlık olarak tespit edilebilir, doğrulama için ventilasyon yapılmayacağından, mideye hava gönderilmeyecek ve buna bağlı gelişebilecek kusma ve aspirasyon riski de olmayacaktır. Boyun ön yüzünden yapılan tarama ile direkt doğrulanmanın dezavantajı ise trakeal entübasyon ile endobronşiyal entübasyonun ayırt edilememesidir.

Entübasyon sonrası akciğer sonografisi (indirekt doğrulama) ile ventilasyon, B-mod ve M-mod görüntülerde yorumlanır. Eğer trakeal entübasyon gerçekleşmiş ve her iki akciğer eşit olarak ventile oluyor ise B-mod görüntüde "akciğer kayma hareketi" ve M-mod görüntüde "deniz kenarı işareti" görülecektir (Şekil 13A). Özefagus entübasyonu veya herhangi bir nedenle ventile olmayan akciğerlerde B-mod görüntüde "akciğer kayma hareketi" görülmez, bunun yerine kalp atımlarının akciğer dokusunda oluşturduğu "akciğer pulse (nabız)" olarak adlandırılan senkronize titreşim hareketleri görülür (6) (Şekil 13B). Endobronşiyal entübasyon veya tek akciğer ventilasyonu gibi durumlarda ise ventile olan tarafta "akciğer kayma hareketi" ventile olmayan tarafta ise "akciğer pulse (nabız)" işareti görülecektir. Eğer pnömotoraks gelişmesine bağlı olarak ventilasyon gerçekleşmiyor ise pnömotoraks olduğu bölgede yapılan taramada alınan M-Mod görüntüde plevra çizgisinin altında normal akciğer dokusu yerine birçok paralel artefakt çizgileri görüntülenir ve bu görüntü "stratosfer işareti" olarak adlandırılır (36) (Şekil 13 C).

Başarılı Ekstübasyonun Saptanması

Yoğun bakımda mekanik ventilasyon alan hastalarda yapılan bir çalışmada solunum eforunun USG ile değerlendirilebileceği gösterilmiştir. Rob sağda anterior aksiller çizgi üzerine, sol tarafta ise posterior aksiller çizgi üzerine yerleştirildiğinde, sağda KC ve solda ise dalağın kranio-kaudal olarak yer değiştirmesi hesaplanarak, başarılı ekstübasyonun saptanması için diafragmatik yer değiştirmenin "cut-off" değeri 1.1 cm olarak bulunmuştur. KC ve dalağın yer değiştirmesinin ölçülmesi, respiratuar kasların fonksiyonunu bütün olarak yansıtır. Yazarlar bu metodun solunum kaslarının dayanıklılığını ölçen ve ekstübasyonun başarısını saptayan iyi bir gösterge olduğunu savunmaktadırlar (38). Ventilator tedavisi alan hastalarda yapılan diğer bir çalışmada, USG probu krikotroid membran üzerine transvers olarak yerleştirildiğinde tüp ile krikotroid membran arasında kalan hava sütunu genişliğinin, ekstübasyon sonrası stridor gelişen hastalarda önemli oranda daha küçük olduğu saptanmıştır (39).

Akciğer ve Plevra Patolojilerinin Değerlendirilmesi

Plevra yüzeyinin % 70'inin USG ile incelenmesi mümkündür (40). Plevral efüzyon tespiti, plevral efüzyon ile plevral kalınlaşma arasındaki farklılığın saptanması, ayrıca radyolojik ölçümlerden daha doğru plevra sıvısı tahmini USG ile elde edilebilen incelemeler arasında yer alır (40). Yoğun bakımda rutin olarak akciğer USG kullanımı akciğer X-ray ve tomografi gibi diğer görüntüleme ihtiyaçlarının azalmasını sağlar (4).

Sonuç olarak USG noninvaziv olması, çabuk ulaşılabilmesi, kolay taşınması, hızlı sonuç alınması, istenildiği kadar tekrarlanabilmesi gibi birçok avantajı ile birlikte, havayolunun çok farklı açılardan gerçek zamanlı olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Zor laringoskopi önceden tahmin edilmesinde, havayolu ile ilgili girişimsel uygulamalarda, patolojik yapıların teşhis ve tedavisinde yatak başı USG güçlü ve etkin bir görüntüleme aracıdır. Havayolunun sonografik

kısıtlamalarına rağmen literatür gözden geçirildiğinde havayolu ile ilgili çok farklı alanlarda ve çok farklı endikasyonlarda ultrasonografinin kullanıldığı gözlemlenmektedir. Gelişim ve ilerleme potansiyeline sahip ultrason teknolojisini gelecekte havayolu uygulamalarında rutin olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Or DY, Karmakar MK, Lam GC, Hui JW, Li JW, Chen PP. Multiplanar 3D ultrasound imaging to assess the anatomy of the upper airway and measure the subglottic and tracheal diameters in adults. *Br J Radiol* 2013 ;86(1030):49-53 .
2. Bhargava S.K. Principles And Practice of Ultrasonography. 1ST edition. New Delhi: Alpha Science Int Ltd, 2003:42-70.
3. Kristensen MS. Ultrasonography in the management of the airway. *Acta Anaesth Scand* 2011; 55 : 1155-73
4. Singh M, Chin KJ, Chan VW, Wong DT, Prasad GA, Yu E. Use of sonography for airway assessment: an observational study. *J Ultrasound Med* 2010; 29: 79-85.
5. Hu Q, Zhu SY, Luo F, Gao Y, Yang XY. High-frequency sonographic measurements of true and false vocal cords. *J Ultrasound Med* 2010; 29: 1023-30.
6. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2002; 38(4): 577-91.
7. Tsui B, IpWajji A. Airway sonography in live models and cadavers. *J Ultrasound Med* 2013;32:1049-58.
8. Tsui BC, Tsui J. A flexible gel pad as an effective medium for scanning irregular surface anatomy. *Can J Anaesth* 2012; 59: 226-7.
9. Prasad A, Yu E, Wong DT, Karkhanis R, Gullane P, Chan VW. Comparison of sonography and computed tomography as imaging tools for assessment of airway structures. *J Ultrasound Med* 2011; 30:965-72.
10. Maniere-Ezvan A, Duval JM, Darnault P. Ultrasonic assessment of the anatomy and function of the tongue. *Surg Radiol Anat* 1993; 15: 55-61.
11. Tsui BC, Hui CM. Sublingual airway ultrasound imaging. *Can J Anaesth* 2008; 55: 790-1.
12. Miller JJ, Sonies BC. Dynamic imaging of the tongue, larynx, and pharynx during swallowing. Orloff LA ed. San Diego CA. Plural Publishing Inc; 2008:88-129.
13. Jecker P, Orloff LA. Salivary gland ultrasonography. In: Orloff LA (ed). *Head and Neck Ultrasonography*. 1st ed. San Diego, CA. Plural Publishing Inc; 2008:129-52.
14. Lichtenstein DA, Pinsky R, Jardin F. *General ultrasound in the critically ill*. Berlin Heidelberg. Springer; 2007:96-104.
15. Elliott DS, Baker PA, Scott MR, Birch CW, Thompson JM. Accuracy of surface landmark identification for cannula cricothyroidotomy. *Anaesthesia* 2010; 65: 889-94.
16. Nicholls SE, Sweeney TW, Ferre RM, Strout TD. Bedside sonography by emergency physicians for the rapid identification of landmarks relevant to cricothyrotomy. *Am J Emerg Med* 2008; 26: 852-9.
17. Orr JA, Stephens RS, Mitchell VM. Ultrasound-guided localisation of the trachea. *Anaesthesia* 2007; 62: 972-3.
18. Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 2004; 99:607-13.
19. Ezri T, Gewürtz G, Sessler DI et al. Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue. *Anaesthesia* 2003;58:1111-4.
20. Wojtczak JA. Submandibular sonography: assessment of hyomental distances and ratio, tongue size, and floor of the mouth musculature using portable sonography. *J Ultrasound Med* 2012; 31: 523-8.
21. Adhikari S, Zeger W, Schmier C et al. Pilot study to determine the utility of point-of-care ultrasound in the assessment of difficult laryngoscopy. *Acad Emerg Med* 2011;18: 754-8.
22. Reilly PM, Sing RF, Giberson FA, et al. Hypercarbia during tracheostomy: a comparison of percutaneous endoscopic, percutaneous Doppler, and standard surgical tracheostomy. *Intensive Care Med* 1997; 23:859-64.
23. Hatfield A, Bodenham A. Portable ultrasonic scanning of the anterior neck before percutaneous dilatational tracheostomy. *Anaesthesia* 1999; 54: 660-3.
24. Kollig E, Heydenreich U, Roetman B, Hopf F, Muhr G. Ultrasound and bronchoscopic controlled percutaneous tracheostomy on trauma ICU. *Injury* 2000; 31: 663-8.
25. Hardee PS, Ng SY, Cashman M. Ultrasound imaging in the preoperative estimation of the size of tracheostomy tube required in specialised operations in children. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2003; 41: 312-6.
26. Kleine-Brueggene M, Greif R, Ross S, et al. Ultrasound guided percutaneous tracheal puncture: a computer-tomographic controlled study in cadavers. *Br J Anaesth* 2011;106:738-42.
27. Emshoff R, Bertram S, Kreczy A. Topographic variations in anatomical structures of the anterior neck of children: an ultrasonographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 87: 429-36.
28. Beale TJ, Rubin JS. *Laryngeal ultrasonography*. Orloff LA ed. San Diego: Plural Publishing, 2008: 183-202.
29. Garel C, Contencin P, Polonovski JM, Hassan M, Narcy P. Laryngeal ultrasonography in infants and children: a new way of investigating. Normal and pathological findings. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1992; 23: 107-15.
30. Courtier J, Poder L, Wang ZJ, Westphalen AC, Yeh BM, Coakley FV. Fetal tracheolaryngeal airway obstruction: prenatal evaluation by sonography and MRI. *Pediatr Radiol* 2010; 40: 1800-5.
31. Manikandan S, Neema PK, Rathod RC. Ultrasound-guided bilateral superior laryngeal nerve block to aid awake endotracheal intubation in a patient with cervical spine disease for emergency surgery. *Anaesth Intensive Care* 2010; 38: 946-8.
32. Lida, T, Suzuki, A, Kunisawa T, Iwasaki H. Ultrasound-guided superior laryngeal nerve block and translaryngeal block for awake tracheal intubation in a patient with laryngeal abscess. *J Anesth* 2013;27:309-310.
33. Shibasaki M, Nakajima Y, Ishii S, Shimizu F, Shime N, Sessler DI. Prediction of pediatric endotracheal tube size by ultrasonography. *Anesthesiology* 2010; 113: 819-24.
34. Lakhal K, Delplace X, Cottier JP, Tranquart F, Sauvagnac X, Mercier C, Fuscicardi J, Laffon M. The feasibility of ultrasound to assess subglottic diameter. *Anesth Analg* 2007; 104:611-4.
35. Sustić A, Miletić D, Protić A, Ivancić A, Cicvarić T. Can ultrasound be useful for predicting the size of a left double-lumen bronchial tube? Tracheal width as measured by ultrasonography versus computed tomography. *J Clin Anesth* 2008; 20:247-52.
36. Abbasi S, Farsi D, Hafezimoghadam P, Fathi M, Zare MA. Accuracy of emergency physician-performed ultrasound in detecting traumatic pneumothorax after a 2-h training course. *Eur J Emerg Med* 2013;20:173-7.
37. Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. *Lung sliding*. *Chest* 1995; 108: 1345-8.
38. Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS, Yu CJ, Wu HD, Yang PC. Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome. *Chest* 2004; 126:179-85.
39. Ding LW, Wang HC, Wu HD, Chang CJ, Yang PC. Laryngeal ultrasound: a useful method in predicting post-extubation stridor. A pilot study. *Eur Respir J* 2006; 27: 384-9.
40. Sartori S, Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pleuropulmonary pathology. *World J Radiol*. 2010; 2: 83-90.
41. Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, Bonizzoli M, Migliaccio L, Perretta L, Bartolini M, Ban K, Balik M. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg* 2010; 111: 687-92.