

BÖLÜM 8

ORTODONTİ VE ÜST HAVA YOLU

Hande ERENER¹

GİRİŞ

Ortodontik tedavi ile mevcut maloklüzyonun düzeltilmesi sonucunda daha estetik bir görünüm elde edilmesi ile birlikte bireye sağlıklı bir oklüzyon ve çiğneme fonksiyonu kazandırılmaktadır. Ortodontik tedavilerden bazı anatomik yapılar da etkilenmektedir. Üst hava yolu ve çevresindeki yapılar da etkilenen başlıca anatomik yapılardandır.

Nazal ve faringeal hava yolundaki obstrüksiyon sonucu, sağlıklı olan burun solunumu ağız solunumuna dönüşebilir. Uyku esnasında solunum paterninde patolojik olarak değerlendirilebilecek düzeydeki değişikliklere bağlı olarak gelişen problemler uykuda solunum bozuklukları olarak tanımlanır. (1). Uykuda solunum bozuklukları arasında sıklıkla görüleni ve en önemlisi obstruktif uyku apne sendromudur (OUAS). Erkeklerin %4'ünde, kadınların %2'sinde görülür. Etyolojisi multifaktöriyeldir ve tedavisinde multidisipliner bir yaklaşım gerekmektedir (2).

Ortodontik tedavilerin üst hava yollarına olan etkileri değerlendirilmeden önce; üst hava yolu yapılarının bilinmesi, farklı iskeletsel formlara sahip bireylerde üst hava yollarının ve çevre yapıların değerlendirilmesi tedavi etkilerinin daha iyi anlaşılmasına ve sonucun daha başarılı olmasına katkı sağlayabilir (2).

1. ÜST HAVA YOLU

Burundan akciğere kadar uzanan hava yolu, üst hava yolu ve alt hava yolu olarak iki ana bölüme ayrılır. Üst hava yolu, dış burun deliklerinden larinksin trakea ile birleştiği yere kadar olan ortodonti ile ilişkili bölümü kapsar. Burun boşluğu, paranasal sinüsler, farinks ve larinksten oluşur. Fonasyon, koku alma, sindirim, solunan havanın nemlendirilmesi ve ısıtılması üst hava yolunun işlevleri arasında yer alır. Alt hava yolu ise trakea, bronşlar ve akciğerleri içerir (3,4).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti, AD., herener@nku.edu.tr

1.1. Farengeal Hava Yolu

Farinks yaklaşık olarak 12 cm uzunluğunda, ters koni şekilli, 1. ile 6. servikal vertabralar arasında bulunan muskulomembranöz bir yapıya sahiptir. Sfenoid sinüsün tabanından başlayan krikoid kırırdağın alt sınırında ulaşan alanı kapsar. Farinks nazal, oral ve laringeal boşlukların arkasında bulunur ve bu alanlar ile bağlantılıdır (5,6).

Burun boşluğu kemiksi bir yapı iken faringeal hava yolu üst solunum yolunu daraltan veya genişleten kaslarla çevrili yumuşak bir doku yapısıdır. Ortodontistler açısından genioglossus kasları, dilin ve hyoid kemiğin kontrolü açısından önemlidir ve palatoglossus kasları, üst hava yolunun açılmasına katkıda bulunan yumuşak damak ile dil arasındaki bağlantı kasları olarak bilinir (3). Faringeal hava yolu ortodonti ile ilgili olmak üzere nazofarinks, orofarinks ve hipofarinks olarak üç bölgeye ayrılabilir (3,6).

1.1.1. Nazofarinks

Nazofarinks burun konkalarının arkasından sert damak seviyesine kadar uzanır. Yutma eylemi sırasında kapanan faringeal isthmus aracılığıyla orofarinks ile iletişim kurar. Bu bölümde Waldeyer halkasının üst kısmını oluşturan nazofaringeal tonsiller (adenoidler) bulunmaktadır ve nazofaringeal açıklığı etkilemektedir. Nazofaringeal tonsiller piramit şeklindedir. Tepesi nazal septumda, tabanı da nazofarinksin tavanı ile arka duvarı arasında yer alır (3-5,7). Bu adenoid dokularda yaşla birlikte atrofi gözlenirse de, erken çocukluk dönemindeki genişleme burundan nefes almayı engelleyebilir ve ağız solunumuna sebep olabilir (4).

1.1.2. Orofarinks

Orofarinks, yumuşak damaktan epiglottisin üst kenarına kadar uzanan ağız boşluğunun arkasında yer alır. Ağızdan alınan havanın ilk geldiği yerdir. 2. ve 3. servikal vertebra seviyesinde olan orofarinksin arkasında palatinal tonsil, önünde dil kaidesinin posterior kısmı bulunur. Faringeal hava yolunun bu bölgesi, retropalatal hava yolu ve retroglossal hava yolu olarak alt bölümlere ayrılabilir. Retropalatal hava yolu, sert damaktan yumuşak damağın kaudal kenarına (velofarenks olarak adlandırılır) kadar uzanan yumuşak damağın arkasında yer alan bölümdür. Yumuşak damağın kaudal kenarından dilin arkasındaki epiglottisin tabanına uzanan ise retroglossal hava yoludur. Uvula, yumuşak damak, palatinal tonsiller ve dilin durumu orofaringeal açıklığı etkileyebilir (3,8).

1.1.3. Hipofarinks

Hipofarinks (laringofarinks), epiglottisin aşağısında yer alır ve larinks ile özefagusu doğru ayrılan bölgeye uzanır. 3. ile 6. servikal vertebra seviyesinde bulunan

hipofarinksin üst sınırını epiglottisin üst kenarı, krikoid kıkırdağın alt kenarı da alt sınırını meydana getirir. Dil tabanı ve hyoid pozisyonu hipofaringeal açıklığı etkileyebilir (3,8).

2. ÜST HAVA YOLUNUN ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Üst hava yolu boşluğunu oluşturan iskeletsel yapıların ve yumuşak dokuların yapısını ve işleyişini kavramak, burada oluşacak problemlerin fizyolojisini ve patolojisini tanımlamak için gereklidir. Bununla birlikte, konumu nedeniyle üst hava yolu doğrudan görüntülenemediği için değerlendirilmesi karmaşık bir sistemdir. Bu nedenle üst hava yolundaki mevcut alanı, komşu sert ve yumuşak dokuları incelemek için çeşitli görüntüleme yöntemlerinden yararlanılmıştır (9).

Kullanılan yöntemler arasında akustik rinometri, floroskopi, rinomanometrik ölçüm, nazofaringoskopi, akustik farengometri, lateral sefalometrik radyografi, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MR) ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) bulunmaktadır. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Değerlendirme için altın standart olarak tanımlanan yöntem ile ilgili bir fikir birliği yoktur (10,11).

2.1. Akustik Rinometri

Akustik rinometri Hilberg tarafından geliştirilmiştir (12). Ses dalgalarının nazal boşluk içindeki akustik yansımaya dayalı olarak burun anatomisini ve nazal hava yolu değişikliğini objektif olarak değerlendirmek için kullanılan basit, hızlı ve invaziv olmayan bir teşhis aracıdır. Ölçümler daha sonra nazal boşluğun hacmini, alanını ve direncini hesaplamak için işlenir (3,13).

Yansıtılan ses dalgalarının boyutu ve paterni, nazal hava akımı direncinin en yüksek olduğu nazal valv bölgesi dahil olmak üzere nazal kavitenin ön ve orta kısımlarının yapısı ve boyutları hakkında bilgi sağlar (3). Buck ve ark, üst çene darlığı bulunan hastalara hızlı üst çene genişletmesi uyguladıkları çalışmalarında üst hava yolunu incelemişler ve total üst hava yolu hacminin arttığını saptamışlardır. Ayrıca üst hava yolunun hacimsel olarak bazı bölgelerinde değişimler gözlemlendiğini belirtmişlerdir (14).

2.2. Rinomanometri

Solunum esnasında burun hava yolu direncini; hava akışının ve transnazal basıncın ölçümü ile hesaplayan dinamik bir nazal fonksiyon testidir. Nazal bölgenin ön-arka basınçlarının değerlendirilmesini sağlar. Anterior rinomanometri, nazal alanın normal fizyolojisini yansıtımda oldukça etkili olduğu için en yaygın kullanılan ölçüm tekniğidir (15).

2.3. Akustik Farengometri

Akustik refleksiyon tekniği, ses dalgalarının yansımaları kullanılarak hava yolunun minimum kesit alanının ölçülebildiği, yeni bir hasta başı değerlendirme yöntemidir. Ses dalgaları hava yoluna yansıtılır ve faringometri yazılımının hava yolu kesit alanındaki değişiklikleri analiz edip miktarını belirleyebileceği şekilde geri yansıtılır. Akustik yansıma teknolojisine dayalı invaziv olmayan bir prosedürdür. Hastada faringeal hava yolu boyutunu ve oral faringeal bileşkenen glottise kadar stabilitesini hızlı ve kolay bir şekilde ölçülmesine olanak tanır (11,16).

2.4. Lateral Sefalometrik Radyografi

Sefalometrik radyografiler, sefalostatlar kullanılarak kaydedilen başın lateral radyografileridir. Dişlerin birbirleriyle, buldukları çeneyle ve kranial yapılarla olan ilişkisi sefalometrik radyografi üzerinde değerlendirilebilir. Maksilla ve mandibula birbiriyle ilişkilendirilebilir veya kranyum içindeki diğer yapılar ve yumuşak doku profili değerlendirilebilir (17). Lateral sefalometrik radyografiler, ortodontik tanı ve tedavi uygulamalarında rutin olarak kullanılmaktadır. Ortodontik teşhiste hastanın tedavi öncesi diş ve yüz ilişkisini değerlendirmek, tedavi sırasındaki değişiklikleri incelemek ve tedavi sonunda diş hareketini ve yüz büyümesini değerlendirmek için kullanılır (11,17).

Sefalometrik radyografiler, maliyet açısından uygun, etkili ve kolay erişilebilir. Hava yolunun değerlendirilmesi için çeşitli sefalometrik analizler mevcuttur. Kapsamlı bir sefalometrik analiz, risk faktörleri ve hava yolunun kollabe olması hakkında oldukça iyi bir fikir verebilir. Uygulanacak tedavi öncesinde hava yolunun tedaviye yanıtı tahmin etmek, tedavi sonrası iskeletsel değişikliği bağlı olarak hava yolu değişikliklerini ölçmek ve hava yolu değişikliklerini gruplar arasında karşılaştırmak için de lateral sefalometrik radyografiler yararlıdır (3,11).

Lateral sefalometrik görüntülerde, faringeal boyut bir bütün olarak kraniofasial ve parafaringeal yumuşak doku anormallikleri ile ilişkili olarak değerlendirilebilir. Ayrıca hava yolu değerlendirmesine yardımcı olarak, faringeal daralma veya tıkanıklığın ana bölgesini taramak için de yararlıdır (3,11). Üst hava yolunun kemik ve yumuşak doku yapıları incelendiği için lateral sefalometrik radyografiler, üst hava yolu çapı solunum döngüsünden etkilenmemesi amacıyla nefes verme sonunda baş ve boyun stabilize edilerek alınmalıdır (19).

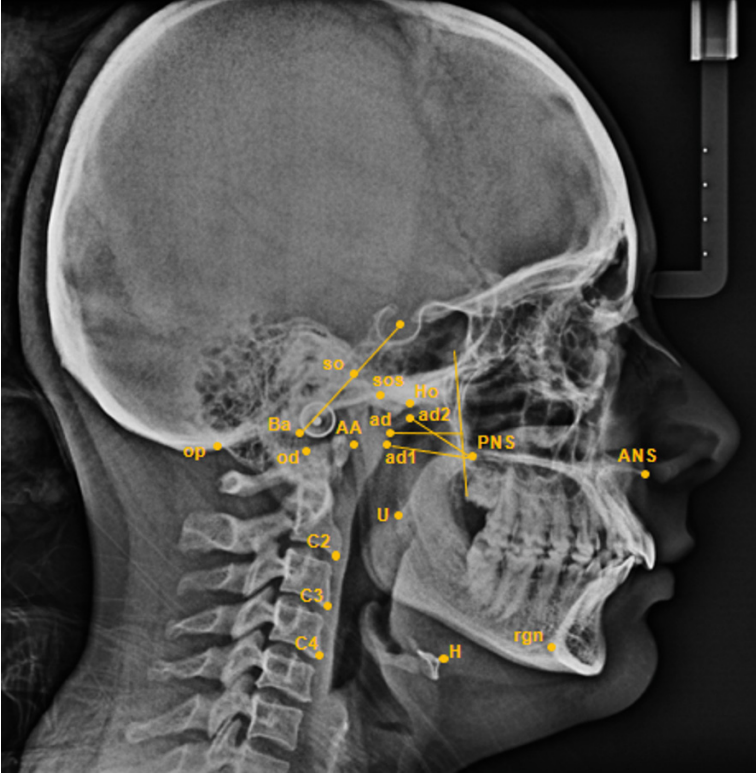
Lateral sefalometrik radyografilerden yararlanılarak üst hava yolunun incelendiği çeşitli çalışmalar mevcuttur (1,10,19,20). Bu çalışmalarda sefalometrik yöntemin üst hava yolu ölçümü için uygun, güvenilir ve tekrarlanabilir bir metod

olarak kabul edilmiştir. Adenoid hipertrofisi, hava yolu obstrüksiyonu ve belirgin şekilde daralmış hava yollarının belirlenmesinde faydalı olduğu saptanmıştır (20). Aboudara ve ark. çalışmalarında faringeal hava yolunu hem sefalometrik radyografilerde hem de konik ışınli bilgisayarlı tomografilerde incelemiştir. Radyografilerden elde edilen faringeal hava yolu boyutu ile KIBT taramasında ölçülen faringeal hava yolu hacmi arasında anlamlı ilişki bulunduğunu bildirilmiştir (21).

Üst hava yolunun ölçümü için lateral sefalometrik radyografiler üzerinde yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan noktalardan bazıları şunlardır ve Resim 1'de gösterilmektedir (18,22-24):

1. AA: Atlasın anterior arkı. Atlasın anterior arkının en ön noktasının median sagittal düzlemde olduğu varsayılır.
2. PNS: Posterior nazal spinanın en arka noktası. Pterygoplatin fossanın devamının burun tabanı ile keşişme noktası. Maksillanın posterior sınırını belirlediği varsayılmaktadır.
3. ANS: Anterior nazal spina. Maksillanın anterior sınırı.
4. ad: Pterigoid vertikal (PTV) ile posterior nazal spinanın (PNS) 5 mm yukarısına dik açıyla çizilen çizginin posterior nazofaringeal duvarı kestiği nokta.
5. ad1: PNS-Ba doğrusu ile posterior nazofaringeal duvarın keşişimi.
6. ad2: Sella-Basion doğrusuna PNS noktasından dik açıyla çizilen doğrunun posterior nazofaringeal duvarı kestiği nokta
7. Ba: Basion noktası. Foramen magnumun ön kenarının orta hattaki en alt noktasının en arka sınırı.
8. U noktası: Yumuşak damağın en alt noktası.
9. C2 (cv2p): İkinci servikal vertebra gövdesinin en ön alt noktası
10. C3 (cv3p): Üçüncü servikal vertebra gövdesinin en ön alt noktası
11. C4 (cv4p): Dördüncü servikal vertebra gövdesinin en ön alt noktası.
12. Ho: Hormion noktası. Vomerin en arka noktası ile sfenoid kemiğın gövdesinin temas noktası.
13. H: Hyoidale. Hyoid kemiğın gövdesinin ön yüzeyinin en üst noktası..
14. so: Sella-Basion doğrusunun orta noktası.
15. sos: Sfeno-oksipital senkondrosis. Sfeno-oksipital senkondrozun en alt noktası.
16. od: Odontoid. Lateral sefalometrik bir radyografide görülen odontoid çıkıntının ucunun en üst noktasıdır.
17. op: Foramen magnumun arka kenarının orta hattaki en alt noktasının en ön sınırı.
18. rgn: Retrognation. Mandibula simfizinin arka yüzeyindeki en alt nokta.

Lateral sefalometrik analizler, üst solunum yolunu değerlendirmede ve obstrüktif uyku apne sendromu (OUAS) hastalarını teşhis etmede bazı sınırlamalara sahiptir. Lateral sefalometrik radyografinin uyanıkken dik pozisyonda çekilmiş statik bir görüntü olması bu sınırlamalarda ilk sırasında yer alır. Dolayısıyla uyku durumundaki hava yolu fonksiyonunu tam olarak yansıtamaz. Retropalatal ve retrolingual kollapstan daha şiddetli OUAS ile bağlantılı lateral faringeal duvar kollapsının kaydedilemediği iki boyutlu bir görüntüdür. Görüntüler baş ve dil duruşuna veya görüntüleme zamanına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca hava yolu görüntüleri solunum döngüsü boyunca değişir, bu nedenle ölçümler döngüde standart bir noktada yapılmalıdır. Son olarak, faringeal hava yolunu değerlendirmek için en uygun nokta, ölçüm ve sayısal standartlar hususunda fikir birliği bulunmaması dezavantajları olarak belirtilebilir (3).



Resim 1. Üst hava yolunun ölçümünde yararlanılan bazı lateral sefalometrik noktalar

2.5. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Bilgisayarlı tomografi, nazofarinksten larinkse kadar olan bölgedeki hava yolu, kemik yapıların ve yumuşak dokuların görüntülenmesini sağlar. BT, kompleks problemlerin daha ayrıntılı olarak incelenmesine olanak sağladığı için yararlanılmaktadır (25).

Sırtüstü pozisyonda gerçekleştirilen BT taraması ile üç boyutlu olarak üst hava yolunun alanı, genişliği ve hacmi doğru bir şekilde ölçülebilir (19,26). Tümör ve kist benzeri gibi yapıların dansitesinin ölçümüne, dokuların superpoze ve magnifikasyon olmadan incelenmesine olanak tanır (26). BT taramasından elde edilen görüntüler yalnızca aksiyal düzlemde elde edilir, ancak hacimsel rekonstrüksiyonlar gerçekleştirilebilir (deri, kafatası, yüz yapıları, mandibula, hyoid, vertebra ve hava yolunun üç boyutlu olarak görüntüleri oluşturulabilir) (19,26).

BT, kesitsel bir görüntüleme tekniğidir. X-ışını tüpü ile detektördeki gantri olarak adlandırılan ünitenin, incelenecek olan yapının çevresinde 360 derece dönmesi ile bir kesit görüntü elde edilir. Bu nedenle BT ile görüntü işlemi uzun sürmekte ve hastanın maruz kaldığı radyasyon dozu artmaktadır. Bunu engellemek amacıyla 1990'lı yılların başında geliştirilen spiral BT tarayıcılar, görüntülerin doğrudan hacimsel olarak alınmasını sağlamıştır. Spiral BT ile kesitin alt ve üstündeki dokuların oluşturduğu artefaktlar da azaltılmıştır (27).

Bilgisayarlı tomografi yöntemi, MR ile karşılaştırıldığında nispeten pahalıdır ve hastayı radyasyona maruz bırakır. Hava yolu değerlendirilirken, uyanıklık ve uyku sırasında tekrar tarama gereken durumlarda hasta daha fazla radyasyona maruz kalacağı için kullanımı özellikle sınırlıdır. BT ile dinamik üst solunum yolunun görüntülenmesi sağlanırken, sınırlı yumuşak doku kontrast çözünürlüğüne sahip olduğu gösterilmiştir (19). Ayrıca maliyetinin ve radyasyon dozunun fazla olması; ek olarak metal içeren dental restorasyonlar ile dental protezlerin görüntüler üzerinde ışınal artefakt meydana getirmesi dezavantajlarından (26,28).

2.6. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR)

Üst hava yolu boyutlarındaki değişiklikleri araştırmak için 2 boyutlu lateral sefalometrik radyografiler yerine 3 boyutlu görüntüleme teknikleri tercih edilmektedir. Manyetik rezonans görüntüleme (MR), konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) gibi yaygın olarak kullanılan 3 boyutlu tekniklerden biridir (29). MR, hastaları iyonlaştırıcı radyasyona maruz bırakmadan oldukça başarılı üst hava yolu ve yumuşak doku tanımlaması sağlayan noninvaziv bir yöntemdir. MR ile hava yolunun boyutları çeşitli düzlemlerde (aksiyal- sagittal- koronal) değeren-

dirilmekte, kesit alanı ile hacmi doğru şekilde belirlenmektedir. Özellikle uyku apnesi bulunan hastalarda yararlıdır ve görüntüleme uyku ve uyanıklık sırasında gerçekleştirilebilir (11,19,30).

MR yönteminde kemik, mine ve dentin gibi sert dokular ile uygun kalitede görüntü sağlanamamaktadır. Ayrıca daha yüksek maliyet ve daha uzun inceleme süresi gibi dezavantajları vardır, bu da hareket artefaktlarına neden olabilir (26,29).

2.7. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) 1990'ların sonunda kullanıma sunulduğunda dental radyolojide büyük bir etki yaratmıştır. Diş hekimliği araştırmalarında ve klinik uygulamalarda KIBT kullanımı uzman ve genel diş hekimleri arasında hızla artmıştır. Özellikle tıbbi BT görüntülemeye kıyasla daha düşük radyasyon dozu ile birlikte üst solunum yolunun üç boyutlu bir değerlendirmesini olanak tanıması, KIBT'yi obstrüktif uyku apnesi gibi üst solunum yolu hastalıklarında hava yolu anatomisinin değerlendirilmesinde tercih edilen yöntemlerden biri haline getirmiştir (31).

BT yönteminde yelpaze veya spiral olarak kullanılan ışın demetinin yerine konik formda ışın demeti kullanılarak, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) tekniği geliştirilmiştir (32). KIBT sisteminde elde edilen görüntünün çözünürlüğü konvansiyonel BT yöntemine oranla daha yüksektir. Konik ışınların kullanılması; daha az ışınlama ile daha iyi çözünürlükte görüntünün daha kısa işlem süresi ile elde edilmesini sağlamıştır (33). Dolayısıyla KIBT, düşük radyasyon miktarı, hızlı görüntüleme özelliği, ucuz olması, yumuşak ve sert doku arasındaki yüksek kontrast ve 2 boyutlu görüntülemenin dezavantajlarını elimine ederek 3 boyutlu görüntü sunması gibi avantajlara sahiptir. Bu avantajları ile birlikte baş ve boyun bölgesinin gelişmiş düzeyde değerlendirilmesini sağladığı için de BT yöntemine alternatif olarak görülmektedir (26).

Dental Volumetrik Tomografi (DVT) olarak diş hekimliğinde adlandırılan KIBT yönteminde, X ışını kaynağı olan röntgen tüpü ile dedektörün değerlendirilecek yapının etrafında sadece tek bir dönüşü ile yeterli görüntü sağlanmaktadır. Dolayısıyla maksillofasiyal bölgenin hacimsel görüntüsü için sistemin hasta çevresinde 360 derecelik bir rotasyon yapması yeterlidir (34). İki boyutlu görüntü kesitleri bilgisayar programları ile birleştirilerek 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar oluşturulmaktadır. Bilgisayarda elde edilen bu görüntüler üzerinde hacimsel ve lineer ölçümler; manuel, yarı otomatik veya otomatik segmentasyonlar ile yapılmaktadır (26).

Enine kesit alanı, minimum enine kesit ve toplam hava yolu hacmi özellikleri sayesinde KIBT hava yolunu doğru bir şekilde görüntülemek için kullanılabilir.

KIBT kullanılarak hava yolu alanı, fonksiyonu ve problemleri ile ilgili yapılan ilk araştırmalar; yetişkinlerde normal hava yolu anatomisinin boyutları, iki ve üç boyutlu yapılan ölçümlerin ilişkisi, OUAS olan ve OUAS olmayan kişilerde hava yolu morfolojisindeki farklılıklar, hızlı damak genişletme (RPE) ve ortognatik cerrahinin hava yolu boyutları üzerindeki etkileri de dahil olmak üzere çeşitli konulara ön cevaplar sağlamıştır. Bu çalışmaların bir kısmında hava yolunun iki boyutlu doğrusal ve üç boyutlu kesit alanları arasında bir ilişki saptanmadığı için, elde edilen 2 boyutlu verilerin hava yolu açıklığını değerlendirmede yeterli olmayabileceğini düşündürmektedir (33).

Üst hava yolunun değerlendirilmesinde üçüncü boyutun eklenmesi, geleneksel görüntüleme yöntemlerine göre aşağıdaki gibi avantajlar sunmaktadır:

1. Üç boyutlu hava yolu şekli, toplam hacmin yanı sıra değerlendirilebilir.
2. Değerlendirilen bölge ile ilgili bilgiler, manuel veya otomatik hava yolu segmentasyonu yoluyla elde edilebilir.
3. Hacimden daha çok patofizyolojik olarak alakalı olan minimum kesit alanının, çevreleyen yapılarla ilişkili olarak tanımlanabilmesi en yararlı özelliğidir.
4. Nazal kavite obstrüksiyonunun varlığı ve başlangıcı, enine maksiller daralma ile ilişkili olarak değerlendirilebilir.
5. Hyoid kemiğin yer değiştirmesi ile hava yolu uzunluğundaki değişiklik belirlenebilir.
6. Hesaplamalı akışkan dinamiği (CFD), teorik hava yolu akışını ve direncini değerlendirmek için kullanılabilir, ancak yine de gerçek fonksiyonel problemi gösterme konusunda sınırlamaları vardır (3).

Hava yolu analizi için KIBT kullanımı, lateral sefalometrik analize benzer sınırlamalar düşünüldüğünde, ek radyasyona maruz kalma ve daha yüksek maliyet nedeniyle eleştirilebilir. Ayrıca KIBT, üst hava yolunun farklı anatomik sınırlarına sahiptir ve bunların tanımlanması daha zordur. Tedavi başarısını öngörebilen KIBT parametreleri ve bunların normatif değerleri hakkında daha az bilgi bilinmektedir (3).

3. ORTODONTİ- ÜST HAVA YOLU İLİŞKİSİ

Üst hava yolu obstrüksiyonu, solunum esnasında hava akımında bozulma ve solunum fonksiyonunun azalması olarak tanımlanabilir (7). Hipertrofik adenoidler, iyi huylu tümörler, hipertrofik tonsiller ve hamilelik gibi bazı faktörler farinkste daralmaya neden olabilir (8). Adenoid hipertrofisi, adenoidlerin büyümesi ile ilişkili obstrüktif bir problemdir. Çocukluk döneminde üst hava yolu daralmasına en

sık sebep olan patolojik durumlar arasındadır. Hipertrofik adenoidler, solunum problemlerine neden olmakla birlikte dentofasiyal ve kraniyofasiyal gelişimi de etkilemektedir (7,35).

Kraniyofasiyal morfoloji ile solunum fonksiyonu arasındaki ilişki, 19. yüzyılın sonlarından beri araştırmaların odak noktası olmuştur (36). Çeşitli çalışmalar, yüzün gelişimsel modeli ile faringeal hava yolu arasındaki karşılıklı etkileşimi göstermiştir. Hava yolu obstrüksiyonunun nazal solunum fonksiyonu üzerindeki etkisi, solunum paterninde değişikliklere neden olabilir, bu da kraniyofasiyal büyüme ve diş pozisyonunda anormalliklerle sonuçlanır. Çeşitli maloklüzyon paternleri ile damak ve/veya dil pozisyonundan kaynaklanan orofaringeal hava yolunun boyut ve şeklindeki varyasyonlar arasında bir ilişki olduğu belirtilmiştir (37-40).

Tomes, burun hava yolu obstrüksiyonunun etkisi ile gelişen dentofasiyal değişiklikler sonucu oluşan yüz formunu adenoid yüz olarak adlandırmıştır. Ağız solunumu yapan bu hastalarda hava yolundaki tıkanmanın ana nedeni olarak hipertrofik adenoidleri kabul etmiş ve bu durumda genellikle v şekilli üst çene yapısı görüldüğünü belirtmiştir (7). Adenoid yüzde burun hava yolu boyutlarında azalma, burun tabanında yükselme, derin damak ve üst çenede çift taraflı çapraz kapanış gözlenir (8,41). Bu hastaların erken yaşlarda zamanında tespiti, gelişebilecek maloklüzyonları veya kraniyofasiyal bölgedeki değişiklikleri önlenmesine ya da durdurulmasına katkı sağlayabilir (7).

Solunumun sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için hava yolunun açık olması gerektiğinden dilin, alt ve üst çeneler ile başın konumu bu noktada oldukça önemlidir. Ağız solunumu geliştiğinde; bu yapıların konumlarında değişiklikler oluşarak vücut yeni duruma adapte olur. Bu süreçte, dişler ve çeneleri etkileyen basınç dengesi de değiştiği için bir takım sapmalar ve değişiklikler meydana gelir. Alt çene ve dil daha aşağı pozisyonda, baş ise geriye doğru açılmış şekilde olur. Bu problem engellenemez ve kalıcı hale gelirse bir takım etkiler beklenebilir. Ön yüz yüksekliğinin artması ve posterior dişlerde ekstrüzyon görülebilir. Mandibulanın geriye ve aşağıya rotasyonu sonucu ön açık kapanış ile overjet artışı gelişir. Dilin aşağıda konumlanması ve gerilen yanakların arttırdığı basınç sonucunda üst çeneye etki eden basınç dengesi bozulur. Maksiller arkta daralma gözlenir (42,43).

Bazı çalışmalar da, maloklüzyonun hava yolu morfolojik değişiklikleri ve solunum problemlerinde predispozan bir faktör olduğu sonucuna varmıştır. Küçük ve geride konumlanmış bir mandibula, genişlemiş dil ve yumuşak damak, aşağı konumlanmış hyoid kemik ve retrüze maksilla faringeal hava yollarının obstrüksiyonu için predispozan faktörler olarak öne sürülmüştür (1,24,37).

Kraniofasial yapılar ve bu yapılardaki değişiklikler üst hava yolu hacmini ve alanını etkilemektedir. Muto ve ark. üst ve alt çene ile yumuşak damağın konumunun faringeal hava yolu ile ilişkili olduğunu belirtmiştir (44). Alves ve ark. KIBT kullanarak yaptıkları çalışmalarında iskeletsel sınıf II ve sınıf III maloklüzyona sahip bireylerde üst hava yolunu incelemiştir. Sınıf III bireylerde, nazofaringeal hava yolu boyutlarının sınıf II bireylere oranla daha geniş olduğunu saptamıştır (45).

Farklı dentofasial iskeletsel yapıya sahip hastaların değerlendirildiği çalışmada ise, sınıf II maloklüzyon bulunan hastalarda orofaringeal hava yolunun sınıf I ve sınıf III maloklüzyonlu hastalara göre daha dar olduğu bulunmuştur. Mandibula konumunun orofaringeal hava yolu boyutlarına etkili olduğu sonucuna varılmıştır (46).

4. ORTODONTİK YAKLAŞIMLARIN ÜST HAVA YOLUNA ETKİSİ

4.1. Çekimli Ortodontik Tedavi

Ortodontik tedavi amacıyla genellikle diş çekimi yapılmaktadır. Özellikle premolar dişlerin çekilerek anterior dişlerin retraksiyonu ve çapraşıklığın giderilmesi yaygın olarak kullanılan bir ortodontik tedavi prosedürüdür (11). Çekimli ortodontik tedavilerin sonunda yumuşak doku profilinde; iskeletsel yapılarda; mandibular düzlem açısı, vertikal yüz yüksekliği ve keser açıları gibi değerlerde dentofasial değişiklikler görülebilir. Tedavi başı ile sonu arasında, yumuşak doku ve kesici-molar dişlerin pozisyonlarında meydana gelen bu değişiklikler faringeal hava yolunu ve dilin konumunu da etkileyebilir. Bu bağlamda çekimli ortodontik tedavi sonrası hava yolu boşluğunun ve faringeal hava yolu boyutlarının değerlendirildiği çeşitli çalışmalar mevcuttur (47-49).

Çekimli ve çekimsiz ortodontik tedavilerin hava yoluna etkisini araştıran Valithan ve ark. çalışmalarında; kesici dişlerin pozisyon ve açılarında değişim saptarken, orofaringeal hava yolu hacminde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulamamışlardır (49). Benzer şekildeki bir başka çalışmada, dört premolar çekimi ile yapılan ve çekimsiz uygulanan ortodontik tedavilerin üst hava yolu hacimlerini karşılaştırılmış ve ölçümlerde istatistiksel açıdan anlamlı değişiklikler saptanamamıştır (50).

Üst havayolu hacimlerinin azaldığını belirten bazı çalışma sonuçları da mevcuttur (11,48). Çekim ve maksimum ankraj uygulanan sınıf I bimaksiller protrüzyon hastalarının değerlendirildiği çalışmalarda, tedavi sonunda kesici dişlerin anlamlı derecede retraksiyonu ve dikleşmeyle birlikte üst hava yolunda azalma gözlenmiştir (48-51).

Germec ve ark. ise çekim ile birlikte minimum ankraj uygulanan sınıf I çapraşıklık olgularında üst hava yolu hacminin arttığını bildirmiştir. Bunun molar dişlerin mezial yönde yani çekim alanlarına doğru hareketi ile dilin posterior alanını genişletmesiyle meydana geldiği sonucuna varmıştır (51).

4.2. Maksiller Ekspansiyon

Bir ortodontik tedavi yöntemi olarak maksiller genişleme 1860'lardan beri rapor edilmektedir. Hızlı maksiller ekspansiyon (RME), genç hastalarda maksillanın genişletilmesi, posterior bölgede çapraz kapanışın düzeltilmesi, çapraşıklığın giderilmesi için ark üzerinde yer elde edilmesi ve maksiller kaninin gömülü kalmasının önlenmesi amacıyla kullanılan dentofasiyal ortopedik bir tedavi prosedürüdür (14). Üst çeneyi genişletmek için yapılan RME'nin etkileri yalnızca maksilla ile sınırlı değildir. Üst çene, baş ve yüz bölgesinde bulunan 10 kemik ile bağlantılı olduğu için ekspansiyon işlemi, diğer kemikleri de direkt veya indirekt olarak etkilemektedir (52). RME sonucu gözlenen midpalatal süturdaki ayrılmayla birlikte; nazal duvarların lateral olarak ayrılması, sutura komşu olan burun tabanı genişliğinin artması ve damak kubbesinin aşağı yönde hareketi sonucu burnun iç kapasitesi ve hacmi artar. Böylece nazal hava yolu direnci azalır ve solunum alanı genişler. Üst solunum yoluna bildirilen faydaları, alerjik rinit, astım ve tekrarlayan kulak veya burun enfeksiyonlarının tedavisine olan olumlu etkileridir (14).

Hızlı palatal genişletme (RPE) ile damak genişliğini artmasının üst solunum yoluna etkilerini araştıran çeşitli çalışmalar mevcuttur. 3D görüntüleme ve akustik rinometri yapılan bir çalışmada; ekspansiyon ile palatal alanda, hacimde ve intermolar mesafede ortalama bir artışla birlikte nazal hava yolu direncinde kısa süreli bir azalma gözlenmiştir. Uzun süreli değerlendirmede palatal alanda ve intermolar mesafede tedavi öncesi değerlere gerileme saptanırken, nazal kavite hacminde ve minimal kesitsel hava yolunda artma bulunmuştur (53).

Birçok araştırmacı, hem objektif hem de subjektif kanıtlara dayanarak, RME'nin nazal geçirgenliği arttırmada ve hava yolu direncini azaltmada başarılı bir araç olduğunu öne sürmüştür (13,14,53). Azaltılmış hava yolu direnci ventilasyon sırasında negatif basıncı azaltır ve obstrüktif uyku apnesi de dahil olmak üzere pediatrik uykuda solunum bozukluğunun tedavisinde RME'nin umut verici sonuçları gösterilir (54). Daha uzak yapılar üzerindeki etkiler arasında, genişleyen maksilla tarafından tensör palatin kaslarının gerilmesi ve ardından üstteki tüplerinin drenajında iyileşme, otitis media ve iletim tipi işitme kaybının azaltılması yer alır. Genişletilmiş palatal boşluk, aynı zamanda, orofarinkste artan hava yolu boşluğunu kolaylaştırabilen, geliştirilmiş bir dil duruşuna izin verebilir (14).

Yetişkinlerde maksiller transversal yetersizliğin tedavisinde ekspansiyon amacıyla ise cerrahi destekli hızlı maksiller ekspansiyon (SARME) yönteminden yararlanılır. Magnusson ve ark. SARME ile ilgili yaptıkları çalışmalarında; genişletmeden 3 ay sonra, hem anterior hem posterior burnun minimum kesitsel alanlarında artış olduğunu ve nefes alıp vermede burun hava yolu direncinin azaldığını bildirmiştir. İşlem öncesi nazal obstrüksiyon bulunan hastaların SARME sonrası nazal fonksiyonlarında gelişme olduğu kaydedilmiştir (55).

4.3. Fonksiyonel Tedavi

Fonksiyonel apareyler, mandibular retrognatisi bulunan, iskeletsel sınıf II, büyüme evresindeki bireylerde mandibulayı öne doğru konumlandırarak gelişimini stimüle eden ortodontik tedavi tekniğidir. Büyüme çağındaki çocuklarda mandibular yetersizlikler en iyi şekilde aktivatör, bionatör ve twin bloklar gibi fonksiyonel ortopedik apareylerle giderilir. Bu teknik, hava yolu boyutlarını genişleterek ilerleyen süreçte gelişebilecek solunum yolu rahatsızlıklarının riskini azaltmada etkili olabilir. Fonksiyonel apareyler, büyüme modifikasyonu ile mandibular ekssikliği düzeltir, dilin duruşunu iyileştirir ve maksillomandibular ilişkiyi optimize eder (11).

Herbst ve twin blok apareyi, mandibular büyümeyi stimüle etmek için en sık kullanılan fonksiyonel apareyler arasındadır. Farklı fonksiyonel apareylerin den-toalveolar ve iskeletsel yapılarda ve ayrıca üst solunum yolunda değişen etkilere yol açabileceğini belirtmek gerekir. Örneğin, bir çalışma, twin blok apareyinin herbst'e oranla artmış bir arka yüz yüksekliği meydana getirdiğini göstermiştir (29,56).

Özbek ve ark. fonksiyonel apareylerin orofaringeal hava yolu boyutlarına etkisini inceledikleri çalışmalarında, bu apareylerin orofaringeal ve nazofaringeal seviyelerde hava yolu açıklığını önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlardır (57). Lin ve ark. modifiye edilmiş bionator ile yaptıkları çalışmalarında, faringeal hava yolu boyutlarını ve hyoid kemik konumunu incelemiştir. Faringeal hava yolu boyutlarında yalnızca nazofarinkste değişiklik saptanırken, ayrıca erkek bireylerde hipofaringeal hava yolu boyutlarında da bir miktar değişiklik olduğu bildirilmiştir (58). Hänggi ve ark. çalışmalarında, aktivatör-headgear kombinasyonu kullanılan ile minör ortodontik tedavi gören Sınıf II maloklüzyona sahip bireyleri karşılaştırmıştır. Aktivatör-headgear kullanımı sonucunda, faringeal hava yolu boyutlarının ve farinks arka duvarı ile dil arası mesafenin arttığı saptanmıştır (59).

Retrognatik bir mandibula, üst hava yolunun daralması ile ilişkili olabilir ve bu durum çocukluk çağı obstrüktif uyku apnesi (OUA) için bir risk faktörü ola-

rak tanımlanmıştır. Mandibular retrognatizmli çocukları tedavi etmek için uzun süredir fonksiyonel apareyler kullanıldığından, OUA'lı çocuklar için de potansiyel olarak faydalı olabilirler (29). Bu apareyler üst hava yolundaki kollapsı engelleyerek uyku süresince solunumun rahatlamasını sağlamaktadır. Fonksiyonel apareylerle tedavi edilen OSA'lı 7 yaşındaki çocukları içeren randomize kontrollü bir çalışmada, apne-hipopne indeksinde önemli bir düşüş gözlemlenmiştir (2,60).

Headgear apareyleri, maksiller protrüzyon kaynaklı Sınıf II bölüm 1 maloklüzyon bulunan büyüme evresindeki hastalarda fonksiyonel tedavi amacıyla kullanılan apareylerdir. Maksillanın ileri yöndeki büyümesini engelleyerek etkili olur. Kirjavainen ve Kirjavainen, servikal headgear kullanımının üst hava yoluna etkisini araştırdıkları çalışmalarında; kontrol grubuna benzer veya daha geniş bir nazofaringeal boşluk, ancak daha dar orofaringeal ile hipofaringeal boşluklar elde edildiğini ve ayrıca retropalatal alanın da genişlediğini göstermiştir (61).

İskeletsel sınıf III maloklüzyonlar maksiller yetersizlik, mandibular prognatizm veya retruze maksilla ile aşırı mandibular büyüme kombinasyonu ile karakterizedir. Maksillomandibular iskeletsel ilişkilerin erken yaşlarda çenelik veya maksiller protraksiyon apareyleri (yüz maskesi) gibi ortopedik apareylerden yararlanılarak büyüme modifikasyonları ile tedavi mümkündür. Bu konuda Tuncer ve ark. yaptıkları çalışmada, çenelik tedavisinin nazofaringeal alanda etkili olduğu sonucuna varmıştır. Maksillanın öne doğru konumunda, vertikal yüz yüksekliğinde ve maksilla ile mandibulanın efektif uzunluğunda önemli artışlar çenelik tedavisi sonucunda elde edilmiştir (62). Büyüme evresinde olan maksiller retrognatizi bulunan iskeletsel Sınıf III hastalarda, maksiller protraksiyon tedavisi ile maksiller büyümeyi kolaylaştırmanın, üst hava yolu boyutlarında artışa ve solunum fonksiyonunu iyileştirmeye katkıda bulunabilmesi mümkündür (63).

4.4. Ortognatik Cerrahi

İskeletsel sorunların tedavisinde uygulanan ortognatik cerrahiler, iskeletsel yapıların çevresindeki yumuşak dokularla olan bağlantısını da etkiler. Ortognatik cerrahi yöntemi, yapılacak işlemin miktarı ve hareket yönüne bağlı olarak ağız ve burun boşluğunda, üst hava yolunun hacmi ve alanında çeşitli değişiklikler meydana getirebilir (64,65).

Maksillomandibular ilerletme cerrahisi ile temel olarak iskeletsel yapıların ileri alınması ve bunun sonucunda her üç düzlemde de hava yolu boyutlarının artırılması amaçlanır. Maksiller ilerletme, LeFort I osteotomisi veya ağız içi ya da ağız dışı distraksiyon kullanılarak orta yüz distraksiyonu ile yapılır. Maksiller ilerletme sadece estetiğin iyileştirilmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda

velofaringeal bölgede hava yolunu da iyileştirir. Mandibular ilerletme genellikle bilateral sagittal split ramus osteotomisi (BSSRO) ile yapılır. BSSRO, mandibula ramusu boyunca sagittal osteotomi ile yapılır ve ileri segmentler titanyum plakalar ve vidalar kullanılarak sabitlenir. Maksillomandibular ilerletme cerrahisi, üst hava yolunun hacminin en fazla arttığı cerrahi yöntemdir (11,64).

Pierre Robbin, Pfeiffer, Crouzon ve Apert gibi sendromik vakaların çoğu ve ciddi mandibular yetmezlik ile karakterize edilen TME sonrası ankiloz, hava yolu boyutlarının azalmasına neden olarak bireyi obstrüktif uyku apnesine duyarlı hale getirir. Bu durumda, ortognatik cerrahiler veya distraksiyon osteogenezisi ile cerrahi mandibular ilerletmeler, tek uygulanabilir ve öngörülebilir tedavi yöntemi olarak karşımıza çıkar. (11)

Maksillomandibular ilerletme cerrahisi yapılan hastalarda, üst hava yolu hacmi ile minimum kesit alanında anlamlı derecede artış olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Bu nedenle, obstrüktif uyku apnesi sendromunda bimaksiller ilerletme cerrahisi, apne şiddetinin azaltılması veya tedavisi için etkili bir teknik olarak bildirilmiştir (64,66,67).

Mandibular retrüzyon kaynaklı iskeletsel sınıf II problemlerin tedavisinde bilateral sagittal split osteotomisi tekniği ile mandibular ilerletme kullanılmaktadır. Mandibular ilerletme; hyoid kemik, faringeal hava yolu ve çevre dokuların birleşiminden oluşan orofaringeal kompleksi de etkiler. Sahoo ve ark, iskeletsel sınıf II hastalarla yaptıkları çalışmalarında, BSSRO ile mandibular ilerlemeyi takiben arka hava yolu boşluğunda, üst hava yolu alanında ve minimum hava yolu alanı boyutlarında bir artış olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar, Sınıf II maloklüzyonlarda, uykuda solunum bozukluğu semptomları olmaksızın bile mandibuların cerrahi olarak ilerletilmesinin, obstrüktif uyku apnesi açısından korunmada ilk basamak olarak kabul edilebileceği sonucuna varmışlardır (68). Mandibular ilerletme ayrıca hyoid kemiğin konumunu da olumlu yönde etkiler. Mandibular ilerletme sonucu hyoid kemiğin ve bağlı olduğu dilin daha önde konumlandığı, faringeal hava yolu hacminin ve boyutlarının arttığı çeşitli çalışmalarla elde edilmiştir (65,69).

Mandibular prognati kaynaklı iskeletsel sınıf III tedavisinde yalnızca mandibuların geri alınması, orofaringeal ve hipofaringeal hava yolunun hacminde, derinliğinde ve genişliğinde azalmaya sebep olmaktadır. Mandibuların geri alınması sonucu hyoid kemik daha aşağı ve geri konuma gelme eğiliminde olur. Tüm bunların etkisi ile yumuşak damak ve dil daha geri konumlanır (70,71). Maksiller retrüzyon kaynaklı iskeletsel sınıf III düzeltiminde ise lefort-1 osteotomisi ile

maksillanın ileri alınması, orofaringeal ve nazofaringeal hava yolunda boyutsal olarak önemli bir artış meydana getirir. Hipofaringeal hava yolunda da bu cerrahi işlem sonrası bir miktar genişleme görülebileceği ifade edilmiştir (72).

Mochida ve ark, dudak-damak yarıklı (DDY) hastalarda maksiller distraksiyon osteogenezisinin üst hava yolu boyutlarına etkisini araştırmış ve distraksiyon sonucu solunum fonksiyonunda ilerleme saptamıştır. Orofarinks, velofarinks ve nazofarinks ile üst hava yolunun total sagittal kesit bölgesi bu hastalarda distraksiyon osteogenezisi sonrası artış göstermiştir (73).

SONUÇ

Ortodonti, sadece diş ve çenelerle değil; çevresinde bulunan sert ve yumuşak dokularla da ilgili bir bilim dalıdır. Ortodontik tedavinin üst solunum yolu boyutları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, tedavi planında etkilidir. Ortodontik tedaviler, hastaların üst solunum yolu problemlerinin tedavisini etkileyebileceği gibi, üst solunum problemleri ortodontik sorunların etyolojisinde de yer alabilir. Bu nedenle ortodonti-üst hava yolu ilişkisi uygulanacak tedavilerin başarısı için iyi tanımlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Ingman T, Nieminen T, Hurmerinta K. Cephalometric comparison of pharyngeal changes in subjects with upper airway resistance syndrome or obstructive sleep apnoea in upright and supine positions. *The European Journal of Orthodontics*. 2004;26(3):321-326. <https://doi.org/10.1093/ejo/26.3.321>
2. Kyung HS, Park YC, Pae EK. Obstructive sleep apnea patients with the oral appliance experience pharyngeal size and shape changes in three dimensions. *The Angle Orthodontist*, 2004;75(1):15-22. doi:10.1043/0003-3219(2005)075%3C0015:OSAPWT%3E2.0.CO;2
3. Kim SJ, Kim BK, *Orthodontics in Obstructive Sleep Apnea Patients: A Guide to Diagnosis, Treatment Planning, and Interventions*. Springer Nature, 2019.
4. Adewale, L. Anatomy and assessment of the pediatric airway. *Pediatric Anesthesia*. 2009;19:1-8. doi:10.1111/j.1460-9592.2009.03012.x
5. Standring S. *Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice*. Elsevier Health Sciences; 2015
6. Meschan I. *An atlas of anatomy basic to radiology*. WB Saunders Company.1975.
7. Erakman NI, Cafer A, Güven G. Adenoid yüzü çocuklara ortodonti ve çocuk diş hekimliği açısından güncel bakış. *HRU International Journal of Dentistry and Oral Research*. 2022; 2(3):162-169.
8. Iça B, Öztürk F. The effects of orthodontic malocclusions and treatments on airway dimensions, tongue and hyoid bone position. *Cumhuriyet Dental Journal*, 2014;17:101-108.
9. Schwab RJ, Goldberg AN. Upper airway assessment: radiographic and other imaging techniques. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 1998;31(6):931-968. doi:10.1016/S0030-6665(05)70100-6
10. Feng X, Li G, Qu Z et al. Comparative analysis of upper airway volume with lateral cephalograms and conebeam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2015;147(2):197-204. doi:10.1016/j.ajodo.2014.10.025

11. Jayan B, Kadu A. (2018). Airway-focused orthodontics. *Journal of Indian Orthodontic Society*, 2018;52(4):23-28. doi: 10.4103/jios.jios_51_18
12. Hilberg O, Jackson AC, Swift DL, et al. Acoustic rhinometry: evaluation of nasal cavity geometry by acoustic reflection. *Journal of Applied Physiology*. 1989;66:295-303. doi: 10.1152/jappl.1989.66.1.295
13. Babacan H, Sokucu O, Doruk C, et al. Rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion effects on nasal volume. *The Angle Orthodontist*. 2006; 76: 66–71.
14. Buck LM, Dalci O, Darendeliler MA, et al. Volumetric upper airway changes after rapid maxillary expansion: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*, 2017; 39(5):463-473. doi:10.1093/ejo/cjw048
15. Gross TF, Peters F. A fluid mechanical interpretation of hysteresis in rhinomanometry. *International Scholarly Research Notices*. 2011; 126520:1-6. doi:10.5402/2011/126520
16. Kamal I. Test-retest validity of acoustic pharyngometry measurements. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2004;130(2):223-228. doi:10.1016/j.otohns.2003.08.024
17. Phulari, B. *An atlas on cephalometric landmarks*. JP Medical Ltd. 2013.
18. Preston CB, Lampasso JD, Tobias PV. Cephalometric evaluation and measurement of the upper airway. *Seminars in Orthodontics*. 2004;10(1):3-15. doi:10.1053/j.sodo.2003.10.001
19. Schwab RJ, Goldberg, AN. Upper airway assessment: radiographic and other imaging techniques. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 1998; 31(6):931-968. doi:10.1016/S0030-6665(05)70100-6
20. Ianni Filho D, Raveli DB, Raveli RB, et al. A comparison of nasopharyngeal endoscopy and lateral cephalometric radiography in the diagnosis of nasopharyngeal airway obstruction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2001;120(4):348-352. doi:10.1067/mod.2001.116824
21. Aboudara C, Nielsen IB, Huang JC, et al. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009; 135(4):468-479. doi:10.1016/j.ajodo.2007.04.043
22. Uzel İ, Enacar A. *Ortodontide sefalometri*. 2.Baskı. Adana: Çukurova Üniversitesi Basımevi; 2000.
23. McNamara JR, James A. A method of cephalometric evaluation. *American journal of orthodontics*, 1984;86(6): 449-469. doi:10.1016/S0002-9416(84)90352-X
24. Buyukcavus MH, Kocakara G. Cephalometric Evaluation of Nasopharyngeal Airway and Hyoid Bone Position in Subgroups of Class II Malocclusions. *Odovtos International Journal of Dental Sciences*, 2021;23(1):155-167. doi:10.15517/ijds.2021.43860
25. Üçok Ö, Kayadüğün A. Ortodontide Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi Endikasyonları. Özdiğerler E. *Güncel Bilgiler Işığında Ortodonti*. Ankara: Gümüş Kitapevi; 2015. p. 283-293.
26. Kechagia N. Ortodontide hava yolu ölçüm. *Aydın Dental Journal*. 2020;6(2):105-114.
27. Whaites E, Drage N. *Essentials of dental radiography and radiology*. Elsevier Health Sciences. 2013.
28. Nakasima A, Terajima M, Mori N, et al. Three-dimensional computer-generated head model reconstructed from cephalograms, facial photographs, and dental cast models. *American Journal of Orthodontics And Dentofacial Orthopedics*. 2005; 127(3): 282-292. doi:10.1016/j.ajodo.2003.11.030
29. Gu M, Savoldi F, Hägg U, et al. Upper airway changes following functional treatment with the headgear Herbst or headgear Twin Block appliance assessed on lateral cephalograms and magnetic resonance imaging. *The Scientific World Journal*, 2019. doi:10.1155/2019/1807257
30. Cevidanes LH, Franco AA, Gerig G, et al. Assessment of mandibular growth and response to orthopedic treatment with 3-dimensional magnetic resonance images. *American Journal of Orthodontics And Dentofacial Orthopedics*. 2005;128(1):16-26. doi:10.1016/j.ajodo.2004.03.032
31. Zimmerman JN, Vora SR, Pliska BT. Reliability of upper airway assessment using CBCT. *European Journal of Orthodontics*. 2019;41(1):101-108. doi:10.1093/ejo/cjy058

32. Robb RA. The dynamic spatial reconstructor: an x-ray video-fluoroscopic CT scanner for dynamic volume imaging of moving organs. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 1982;1(1):22-33. doi:10.1109/TMI.1982.4307545
33. Kapila SD. *Cone beam computed tomography in orthodontics: indications, insights, and innovations*. John Wiley & Sons. 2014.
34. Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *Journal of the California Dental Association*. 2003;31(11):817-823.
35. Pereira L, Monyror J, Almeida FT, et al. Prevalence of adenoid hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*. 2018;38:101-112. doi:10.1016/j.smrv.2017.06.001
36. Meyer W. On adenoid vegetations in the naso-pharyngeal cavity: their pathology, diagnosis, and treatment. *Medico-chirurgical Transactions*.1870;53:191-215. doi:10.1177%2F095952877005300110
37. Zheng ZH, Yamaguchi T, Kurihara A, et al. Three-dimensional evaluation of upper airway in patients with different anteroposterior skeletal patterns. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 2014;17(1):38-48. doi:10.1111/ocr.12029
38. McNamara Jr, JA. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. *The Angle Orthodontist*. 1981;51(4): 269-300. doi: 10.1043/0003-3219(1981)051%3C0269:IORPOC%3E2.0.CO;2
39. Lee YS, Kim JC. A cephalometric study on the airway size according to the types of the malocclusion. *The Korean Journal of Orthodontics*. 1995;25: 19–29.
40. Joseph AA, Elbaum J, Cisneros GJ, et al. A cephalometric comparative study of the soft tissue airway dimensions in persons with hyperdivergent and normodivergent facial patterns. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 1998;56:135–9. doi:10.1016/S0278-2391(98)90850-3
41. Zinsly SDR, Moraes LCD, Moura PD, et al. Assessment of pharyngeal airway space using cone-beam computed tomography. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2010;15:150-158. doi:10.1590/S2176-94512010000500018
42. Proffit WR, Fields HW, Larson B, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*. Elsevier Health Sciences. 2018.
43. Solow B, Kreiborg S. Soft-tissue stretching: a possible control factor in craniofacial morphogenesis. *European Journal of Oral Sciences*. 1977;85(6):505-507. doi:10.1111/j.1600-0722.1977.tb00587.x
44. Muto T, Yamazaki A, Takeda S, et al. Relationship between the pharyngeal airway space and craniofacial morphology, taking into account head posture. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2006;35(2):132-136. doi:10.1016/j.ijom.2005.04.022
45. Alves PVM, Zhao L, O’Gara M, et al. Three-dimensional cephalometric study of upper airway space in skeletal class II and III healthy patients. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2008;19(6): 1497-1507. doi:10.1097/SCS.0b013e31818972ef
46. El H, Palomo JM. Airway volume for different dentofacial skeletal patterns. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*.2011;139(6):e511-e521. doi:10.1016/j.ajodo.2011.02.015
47. Leonardi R, Annunziata A, Licciardello V, et al. Soft tissue changes following the extraction of premolars in nongrowing patients with bimaxillary protrusion: a systematic review. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(1):211-6. doi:10.2319/010709-16.1
48. Hu Z, Yin X, Liao J, Zhou C, Yang Z, Zou S. The effect of teeth extraction for orthodontic treatment on the upper airway: a systematic review. *Sleep and Breathing*. 2015;19(2):441-51. doi:10.1007/s11325-015-1122-1
49. Valiathan M, El H, Hans MG, Palomo MJ. Effects of extraction versus non-extraction treatment on oropharyngeal airway volume. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(6):1068-74. doi:10.2319/010810-19.1
50. Pliska BT, Tam IT, Lowe AA, et al. Effect of orthodontic treatment on the upper airway volume in adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2016;150(6):937-44. doi:10.1016/j.ajodo.2016.05.013

51. Germec-Cakan D, Taner T, Akan S. Uvulo-glossopharyngeal dimensions innonextraction, extraction with minimum anchorage, and extraction with maximum anchorage. *The European Journal of Orthodontics*. 2011;33(5):515-20. doi:10.1093/ejo/cjq109
52. Canan S, Aksoy A. Ortodonti ve Üst Solunum Yolları İlişkisi Relationship of Orthodontics and Upper Airway. 2012;47-52.
53. De Felipe NLO, Da Silveira AC, Viana G, et al. Relationship between rapid maxillary expansion and nasal cavity size and airway resistance: short-and long-term effects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2008;134(3)370-382. doi:10.1016/j.ajodo.2006.10.034
54. Pirelli P, Saponara M, Attanasio G. Obstructive Sleep Apnoea Syndrome (OSAS) and rhino-tubaric disfunction in children: therapeutic effects of RME therapy. *Progress in Orthodontics*. 2005;6:48-61.
55. Magnusson A, Bjerklind K, Nilsson P, et al. Nasal cavity size, airway resistance, and subjective sensation after surgically assisted rapid maxillary expansion: A prospective longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011;140:641-516. doi:10.1016/j.ajodo.2010.11.024
56. Schaefer AT, McNamara Jr JA, Franchi L, et al. A cephalometric comparison of treatment with the Twin-block and stainless steel crown Herbst appliances followed by fixed appliance therapy. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2004;126(1):7-15. doi:10.1016/j.ajodo.2003.06.017
57. Ozbek MM, Memikoglu TU, Gögen H, Lowe AA, Baspinar E. Oropharyngeal airway dimensions and functional-orthopedic treatment in skeletal class II cases. *The Angle Orthodontist*. 1998;68:327-36. doi:10.1043/0003-3219(1998)068%3C0327:oadafo%3E2.3.co;2
58. Lin YC, Lin HC, Tsai HH. Changes in the pharyngeal airway and position of the hyoid bone after treatment with a modified bionator in growing patients with retrognathia. *Journal of Experimental & Clinical Medicine*. 2011;3(2):93-98. doi:10.1016/j.jecm.2011.02.005
59. Hänggi MP, Teuscher UM, Roos M, et al. Long-term changes in pharyngeal airway dimensions following activator-headgear and fixed appliance treatment. *European Journal of Orthodontics*. 2008;30:598-605. doi:10.1093/ejo/cjn055
60. Villa MP, Bernkopf E, Pagani J, et al. Randomized controlled study of an oral jaw-positioning appliance for the treatment of obstructive sleep apnea in children with malocclusion. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2002;165:123-127. doi:10.1164/ajrccm.165.1.2011031
61. Kirjavainen M, Kirjavainen T. Upper airway dimensions in Class II malocclusion: effects of headgear treatment. *The Angle Orthodontist*. 2007;77(6):1046-1053. doi:10.2319/081406-332
62. Tuncer BB, Kaygisiz E, Tuncer C, et al. Pharyngeal airway dimensions after chin cup treatment in Class III malocclusion subjects. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2009;36(2):110-117. doi:10.1111/j.1365-2842.2008.01910.x
63. Oktay H, Ulukaya E. Maxillary protraction appliance effect on the size of the upper airway passage. *The Angle Orthodontist*. 2008;78(2):209-214. doi:10.2319/122806-535.1
64. Christovam I, Lisboa C, Ferreira D, et al. Upper airway dimensions in patients undergoing orthognathic surgery: a systematic review and meta-analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2016;45(4):460-471. doi:10.1016/j.ijom.2015.10.018
65. Do Vale F, Rodrigues ML, Francisco I, et al. Short-term pharyngeal airway space changes after mandibular advancement surgery in Class II patients—a two-dimensional retrospective study. *Orthodontics & Craniofacial research*. 2019;22(2):81-6. doi:10.1111/ocr.12264
66. Bianchi A, Betti E, Tarsitano A, et al. Volumetric three-dimensional computed tomographic evaluation of the upper airway in patients with obstructive sleep apnoea syndrome treated by maxillomandibular advancement. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2014;52(9):831-837. doi:10.1016/j.bjoms.2014.07.101

67. Schendel SA, Broujerdi JA, Jacobson RL. Three-dimensional upper airway changes with maxillo-mandibular advancement for obstructive sleep apnea treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014;146(3):385-393. doi:10.1016/j.ajodo.2014.01.026
68. Sahoo NK, Jayan B, Ramakrishna N, et al. Evaluation of upper airway dimensional changes and hyoid position following mandibular advancement in patients with skeletal class II malocclusion. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2012;23(6):e623-e627. doi:10.1097/SCS.0b013e318270fafd
69. Eggenesperger N, Smolka K, Johnner A, et al. Long-term changes of hyoid bone and pharyngeal airway size following advancement of the mandible. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2005;99(4):404-410. doi:10.1016/j.tripleo.2004.07.019
70. Lee K, Hwang SJ. Change of the upper airway after mandibular setback surgery in patients with mandibular prognathism and anterior open bite. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*. 2019;41(1):1-8. doi:10.1186/s40902-019-0230-4
71. Park JW, Kim NK, Kim JW, et al. Volumetric, planar, and linear analyses of pharyngeal airway change on computed tomography and cephalometry after mandibular setback surgery. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2010;138(3):292-299. doi:10.1016/j.ajodo.2009.10.036
72. Greco JM, Frohberg U, Van Sickels JE. Cephalometric analysis of long-term airway space changes with maxillary osteotomies. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1990;70(5):552-554. doi:10.1016/0030-4220(90)90394-8
73. Mochida M, Ono T, Saito K, et al. Effects of maxillary distraction osteogenesis on the upper-airway size and nasal resistance in subjects with cleft lip and palate. *Orthodontics & craniofacial research*. 2004;7(4):189-197. doi:10.1111/j.1601-6343.2004.00300.x