



ARAŞTIRMA

AKUSTİK FARENGOMETRİ İLE HORLAMALI HASTALARIN POZİSYONA BAĞLI FARENGEAL HAVA YOLU DEĞİŞİKLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Murat Timur AKÇAM¹, Dr. Ömer KARAKOÇ¹, Dr. Serdar KARAHATAY¹,
Dr. Hakan BİRKENT², Dr. Mustafa GEREK¹

¹GATA, Kulak Burun Boğaz, Ankara, Türkiye

²Jandarma Hastanesi, Kulak Burun Boğaz, Ankara, Türkiye

ÖZET

Amaç: Akustik refleksiyon tekniği ile basit horlamalı ve obstruktif uyku apneli (OUA) hastalarda pozisyonun farengeal hava yolu üzerine etkisini araştırmak. Yöntem ve Gereçler: Oturur ve sırt üstü yatar pozisyonda, basit horlamalı 16 ve OUA'li 31 hastanın farengeal hava yolu akustik farengometri ile değerlendirilmiştir. Minimum farengeal kesit alanı (Min A), ortalama kesit alanı (Ort A) ve analiz segmentinin hacmi (V) gruplar arasında ve pozisyonlar arasında karşılaştırılmıştır. Bulgular: Her iki grubun sonuçları karşılaştırıldığında, sırt üstü yatar pozisyonda Min A'da anlamlı farklılık saptandı ($t=2.207$; $p=0.032$), ancak diğer parametrelerde anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p > 0.05$). Basit horlamalı hasta grubunda ortalama farengeal kesit alanında ve farengeal hacimde dik pozisyondan sırt üstü yatar pozisyonuna geçildiğinde anlamlı bir azalma meydana gelmesine karşın (sırasıyla $t=4.417$; $p<0.001$, $t=5.254$; $p<0.001$), Min A'da anlamlı bir değişiklik meydana gelmemiştir ($t=1.648$; $p=0.120$). OUA'li hasta grubunda ise pozisyon değişikliği ile Min A, Ort A ve V ölçümleri anlamlı olarak azalma göstermiştir (sırasıyla $t=6.160$; $p<0.001$; $t=6.410$; $p<0.001$; $t=2.665$; $p=0.012$). OUA, Min A değerini etkileyen bir faktör olarak saptanmıştır ($p=0.018$). Sonuç: Sırt üstü yatar pozisyonda OUA'li hastalarda Min A basit horlamalı hastalardan belirgin olarak daha dardır. Bu sebeple, sırt üstü yatar pozisyondaki Min A OUA patogenezinde önemli bir faktör olarak gözükmektedir.

Anahtar Sözcükler: Obstruktif uyku apnesi, hava yolu, akustik refleksiyon tekniği, akustik farengometri

THE INVESTIGATION IN TO THE POSITIONAL CHANGES OF PHARYNGEAL AIRWAY IN SNORERS WITH ACOUSTIC PHARYNGOMETRY

SUMMARY

Aim: To investigate the effects of position on the pharyngeal airway in the patients with snoring and obstructive sleep apnea (OSA) syndrome with acoustic reflection technique. Methods: The pharyngeal airways of 16 snorers without apnea and 31 patients with OSA were examined with acoustic pharyngometry both in sitting and in supine position. Minimum pharyngeal cross-sectional area (Min A), mean pharyngeal cross-sectional area (Mean A) and volume (V) were compared between both groups and positions. Results: Min A was significantly different in supine position ($t=2.207$; $p=0.032$), while there were not any significant difference in the other parameters in any position, when the parameters of two groups were compared ($p > 0.05$). Despite Mean A and V significantly reduced in snorers without apnea when the positions of the patients were changed from sitting to supine position (respectively, $t=4.417$; $p<0.001$, $t=5.254$; $p<0.001$), Min A did not change significantly ($t=1.648$; $p=0.120$). In the patients with OSA, Min A, Mean A and V lowered significantly with the supine position (respectively, $t=6.160$; $p<0.001$, $t=6.410$; $p<0.001$, $t=2.665$; $p=0.012$). OSA was determined as an effective factor in Min A parameter ($p=0.018$). Conclusion: Patients with OSA had significantly narrower minimum pharyngeal cross-sectional area in supine position than patients with patients without apnea. Therefore, Min A in supine position seems to be an important factor in pathogenesis of OUA.

Keywords: Obstructive sleep apnea, airway, acoustic reflection technique, acoustic pharyngometry

GİRİŞ

Uyku esnasında hava yolunun periyodik tıkanıklığı ile karakterize olan obstruktif uyku apnesi sendromunun patogenezinde hava yolu anatomik yapısındaki farklılıkların önemli olduğu bilinmektedir. Bu sebeple hava yolunun anatomik özelliklerini değerlendirmek için fiberoptik endoskopi, sefalometri, fluoroskopi, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır¹⁻⁷.

Akustik farengometri de hava yolunun kesit alanlarını değerlendirmede son yıllarda kullanıma giren nispeten yeni bir yöntemdir⁸⁻¹¹.

Akustik farengometri, akustik refleksiyon tekniği ile hava yolunda mesafenin bir fonksiyonu olarak kesit alanlarını hesaplayan bir yöntemdir. Akustik refleksiyon tekniğinde bir ses kaynağından gönderilen ses uyarıları bir dalga tüpünden geçerek ölçümü yapılan nesneye gönderilir, ses uyarısı ve nesneden yansıma basınca duyarlı bir alıcı ile bilgisayar sistemi tarafından kaydedilir. Yansıyan dalga formunun uygun analizi nesnenin impedans profiline oluşturulmasını sağlar¹¹. Akustik farengometride de işitilebilir frekans aralığında gönderilen ses uyarıları hava yolundan yansıyan

İletişim kurulacak yazar: Dr. Murat Timur Akçam, Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Kulak Burun Boğaz, Ankara, Türkiye, Tel: +90 312 304 57 09 E-mail: takcam@turk.net

Gönderilme tarihi: 10 Şubat 2005, yayın için kabul edilme tarihi: 25 Nisan 2005



cevaplarla karşılaştırılır. Eğer hava yolunun giriş boyutu biliniyorsa, yansımanın boyutu hava yolu boyutundaki değişiklikleri yansıtır. Yansımalar arasındaki zaman, sesin hızına bağlı olarak değişimler arasındaki mesafeyi verir. Bu yolla hava yolunun belli bir mesafesindeki kesit alanını tespit edebilmek mümkün olabilmektedir¹². Ağızdan verilen akustik uyarıların yansıması, oral kavite ve larenks seviyesine kadar farengeal boşlukların kesit alanlarının öğrenilmesi için kullanılmaktadır.

Aynı tip ağızlık kullanıldığında akustik farengometrinin üst hava yollarının ölçümünde mükemmel tekrarlanabilirliği söz konusudur⁸. D'Urzo ve ark.¹³ akustik ölçümler ile boyun ve göğüs BT görüntülerinden elde edilen ölçümlerin karşılaştırmasını yapmış ve akustik refleksiyon tekniğinin insanlarda üst hava yolunun klinik ve fizyolojik çalışmalarında güvenilir olarak kullanılabileceğini ileri sürmüştür. Marshall ve ark.¹⁴ ise farengeal ve glottik alanların akustik ölçümleri ile MRG ölçümlerini karşılaştırmış ve her iki teknik sonuçları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını tespit etmişlerdir. Farengogramın şekli direk olarak oral ve farengeal boşlukların anatomisi ile ilişkilidir.

Akustik refleksiyon tekniğinin farengeal hava boyutlarını değerlendirmede radyolojik tekniklere birçok üstünlüğü bulunmaktadır. Hızlı bir teknik olması sebebiyle fizyolojik değişiklikler değerlendirilebilmektedir. Hiç radyasyon uygulamaksızın üst hava yolunu aynı anda değerlendirebilmek mümkündür. İnvaziv olmayan, güvenli ve hastaya hiçbir risk oluşturmayan bir teknik olduğundan diğer yöntemlerden farklı olarak istendiği kadar test tekrarlanabilmektedir.

Bu çalışmada akustik farengometri ile oturur ve sırt üstü yatar pozisyonda üst hava yolu boyutlarında pozisyona bağlı meydana gelen değişimi saptamak, basit horlamalı ve obstruktif uyku apneli hastalarda meydana gelen değişikliklerin farklılık gösterip göstermediğini değerlendirmek amaçlanmıştır.

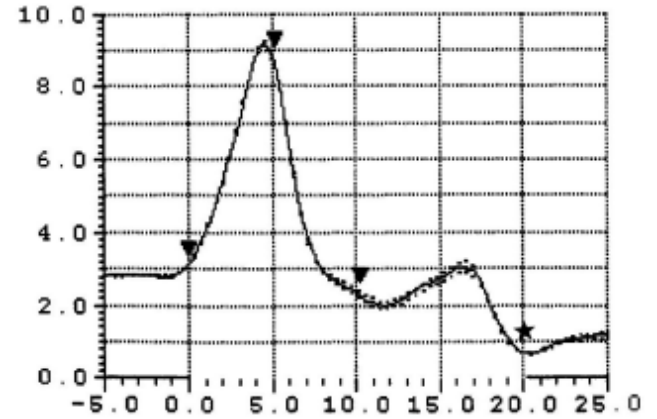
HASTALAR VE YÖNTEM

Horlama şikayeti ile müracaat eden 47 erkek hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Tüm hastalara 1 gecelik polisomnografi çalışması yapılmış ve polisomnografi sonucuna göre hastalar iki gruba ayrılmıştır. Polisomnografi sonucu apne indeksi (AI) 5 ve 5'ten küçük saptananlar basit horlama grubunu, AI 5'ten büyük bulunan hastalar ise obstruktif uyku apnesi grubunu oluşturmuştur. Birinci gruba 16 hasta, ikinci gruba ise 31 hasta dahil edilmiştir. Birinci gruptaki hastaların ortalama yaşı 38.81 ± 12.04 (aralık 20-73), ikinci gruptaki hastaların ise ortalama yaşı

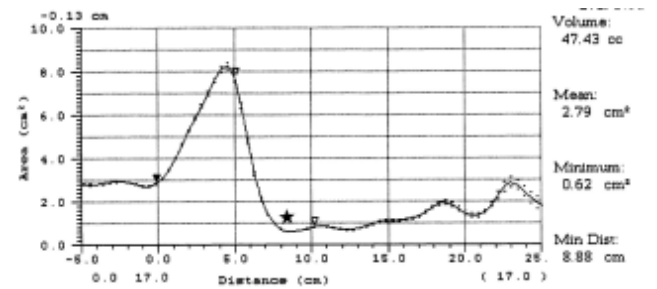
44.26 ± 11.96 (aralık 26-65) olup gruplar arasında istatistiksel farklılık yoktur.



Şekil 1: Akustik farengometri cihazı (Eccovision Acoustic Pharyngometer, Hood Laboratories, USA)



Şekil-2 Valsalva veya Müller Manevrası yapılarak hasta glottisi kapalı iken nefes alma veya vermeye çalışıldığında elde edilen farengogramda grafik sonuna doğru elde edilen derin çökme (★) glottisi göstermektedir.

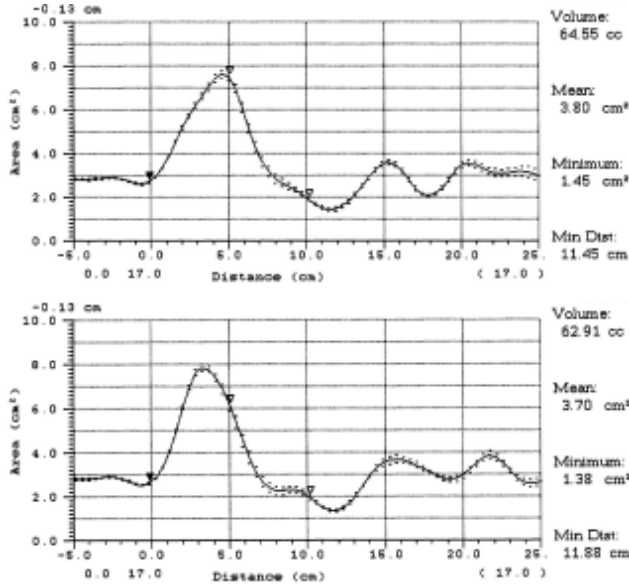


Şekil 3: Hasta burnundan solunum yaparken genellikle 5-8 cm arasında eğri hemen hemen sıfıra yaklaşır. Eğrideki bu düşme orofarengeal bileşkenin yerleşimini gösterir.

Akustik farengometri ölçümleri Eccovision Acoustic Pharyngometer (Hood Laboratories, USA) cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil-1). Oturur pozisyonda yapılan ölçümlerde hastalar arkalarına yaslanarak dik pozisyonda oturtulmuş ve normal solunum yapmaları istenmiştir. Dalga tüpünün ağızlığı uygun şekilde ağız içine yerleştirildikten sonra tüp yere paralel olacak şekilde tutulmuştur. Hastaların bu esnada karşıdaki bir noktaya bakması



ve dili gevşeterek nötral pozisyonda tutması ve velumu kapatarak buruna akustik kaçıışı önlemek için hafifçe 'oooh' sesi çıkarmayı düşünmeleri istenmiştir. Hasta bu pozisyonda hafifçe ağızdan nefes alıp verirken ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4: Ağızdan rahat solunum yapılırken elde edilen farengogram örneği. Aynı hastanın yatar pozisyonda (üstte) ve sırt üstü yatar pozisyonda test sonuçları (altta)

Burun solunumu esnasında yumuşak damak aşağıya düştüğü için farengogram eğrisinde de bu bölgede bir düşme olur (Şekil-2). Bu sebeple, burun solunumu ile yapılan ölçümler yanıltıcı olacağından hastaların burun solunumu yapmamlarına özellikle dikkat edilmiştir. Hastalara otururken Valsalva manevrası veya Müller manevrası yaptırılarak akustik farengometri ölçümleri tekrarlanmıştır. Bu ölçümlerde grafik sonuna doğru eğride meydana gelen derin çökme noktası glottik nokta olarak belirlenmiştir (Şekil-3). Kesici dişler gerisindeki oral kavite başlangıcını ifade eden 0 noktası ile glottik seviye arasındaki mesafe analiz segmenti olarak kabul edilmiştir. Yatar pozisyonda yapılan ölçümlerde ise hasta sırt üstü pozisyonda yatırıldıktan sonra ağızlık ağız içine yerleştirilip dalga tüpü dik pozisyonda iken oturur pozisyondaki ölçümlerde tarif edildiği şekilde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Her pozisyonda 4'er ölçüm yapılarak bu dört ölçümde elde edilen grafiklerin üst üste çakışması sağlandığı takdirde ölçümler uygun kabul edilmiştir (Şekil 4a, b).

Oturur ve yatar pozisyonda yapılan akustik farengometri ölçümlerinde analiz segmentindeki minimum farengal kesit alanı (Min A), ortalama kesit alanı (Ort A) ve analiz segmentinin hacmi (V) saptanmıştır. Oturur ve yatar pozisyonda tespit edilen ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler için SPSS 10.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı kullanıldı.

Tanımlayıcı istatistikler için ortalama \pm standart sapma hesaplandı. Basit horlamalı hastaların ve OUA'li hastaların oturarak ve yatarak elde edilen parametre değerlerinin karşılaştırması "İki eş arası farkın önemlilik testi" ile araştırıldı. Oturarak yada yatarak elde edilen parametre değerlerinde apne varlığının önemi "Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi" testi ile incelendi. Yanılma düzeyi olarak 0.05 değeri seçildi.

	Basit Horlama Grubu (n=16)	OUA Grubu (n=31)	Genel (n=47)
Oturarak	Min A (cm ²) 1.88±0.55 Ort A (cm ²) 3.85±0.56 V (cm ³) 64.70±10.00	1.61±0.43 3.81±0.47 63.11±8.69	1.71±0.48 3.83±0.50 63.65±9.08
Yatarak	Min A (cm ²) 1.65±0.45 Ort A (cm ²) 3.31±0.43 V (cm ³) 54.78±7.51	1.38±0.35 3.38±0.42 56.14±7.41	1.47±0.40 3.36±0.42 55.68±7.39

Tablo 1: Olguların dik oturur pozisyonda ve sırt üstü yatar pozisyonda akustik farengometri ile tespit edilen ölçüm sonuçları

İki eş arası farklılık önemlilik testi			
		t	p
Oturarak	Min A	1.832	0.074
	Ort A	0.279	0.782
	V	0.564	0.575
Yatarak	Min A	2.207	0.032
	Ort A	0.578	0.566
	V	0.594	0.555

Tablo 2: Basit horlamalı ve OUA'li hastaların farengal ölçüm sonuçlarının iki grup arasında istatistiksel karşılaştırma sonuçları (yanılma düzeyi = 0.05)

	Basit horlama Grubu (n=16)	OUA Grubu (n=31)	İki eş arası farklılık önemlilik testi	
			t	p
Min A (cm ²) Farkı	0.23±0.57	0.23±0.57	0.021	0.983
Ort A (cm ²) Farkı	0.54±0.49	0.54±0.49	0.936	0.354
V (cm ³) Farkı	9.91±7.55	6.96±6.29	1.423	0.162

Tablo 3: Pozisyona bağlı farengal hava yolu ölçümlerinde meydana gelen değişim miktarları, basit horlamalı ve OUA'li hastaların farklarının istatistiksel karşılaştırması

BULGULAR

Polisomnografik inceleme sonucunda 47 hastanın 16'sı basit horlamalı hasta grubunu oluşturmuştur. Bu hastaların AI'ı 0 ve 5 aralığında olup, ortalama 1.69±1.72'dir. OUA'li hasta grubunu oluşturan 31 hastanın AI'ı 9 ve 82 aralığında olup ortalama 28.94±20.18'dir.

Basit horlamalı hastaların ve OUA'li hastaların ayrı ayrı ve toplam olarak her iki pozisyonda akustik farengometri ile tespit edilen ortalama Min A, Ort A ve V sonuçları Tablo-1'de sunulmuştur. Tüm hastaların hava yolunda meydana gelen pozisyona bağlı değişiklikleri değerlendirmek için oturur pozisyonda ve sırt üstü yatar pozisyonda tespit edilen parametreler karşılaştırıldığında Min A, Ort A ve V değerlerinde yatar pozisyonda anlamlı bir azalma meydana geldiği saptanmıştır (sırasıyla t = 3.136; p = 0.003, t = 7.771; p < 0.001, t = 8.018; p <



0.001). Hastalar basit horlama ve OUA'si gruplarına ayrılarak yatar ve oturur pozisyondaki hava yolu ölçümleri gruplar arasında karşılaştırıldığında yatar pozisyonda Min A değerinde anlamlı farklılık gözlenmiştir ($t = 2.207$; $p = 0.032$). İki grup arasında diğer ölçüm sonuçları farklılık göstermemektedir ($p > 0.05$). Ölçümü yapılan parametrelerin gruplar arası karşılaştırılması ile elde edilen istatistik sonuçları Tablo-2'de sunulmuştur.

Basit horlamalı hasta grubunda ortalama farengeal kesit alanında ve farengeal hacimde dik pozisyondan sırt üstü yatar pozisyonuna geçildiğinde anlamlı bir azalma meydana gelmesine karşın (sırasıyla $t = 4.417$; $p < 0.001$, $t = 5.254$; $p < 0.001$), en dar kesit alanında pozisyona bağlı anlamlı bir değişiklik meydana gelmemiştir ($t = 1.648$; $p = 0.120$). OUA'li hasta grubunda ise pozisyon değişikliği ile Min A, Ort A ve V ölçümleri anlamlı olarak farklılık göstermiştir (sırasıyla $t = 6.160$; $p < 0.001$, $t = 6.410$; $p < 0.001$, $t = 2.665$; $p = 0.012$). OUA tanısının Min A değerini etkileyen bir faktör olduğu saptanmıştır ($p = 0.018$). Basit horlamalı hastalar ile OUA'li hastalar arasında pozisyon değişikliği sonucu meydana gelen değişim miktarlarında ise anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Pozisyon değişikliği sonucu farengeal hava yolu ölçümlerinde tespit edilen değişim miktarları ve bu değerlerin karşılaştırma sonuçları Tablo-3'te sunulmuştur.

TARTIŞMA

Ortalama kesit alanı akustik farengometri ile üst hava yolunun değerlendirilmesinde tekrarlanabilir bir parametredir⁸. Kamel⁹ normal kişilerde akustik farengometri ile hava yolunu değerlendirmesi sonucunda ortalama farengeal alanı erkeklerde 3.194 ± 0.311 cm² (2.7-3.8 cm²), kadınlarda 2.814 ± 0.331 cm² (2.1-3.4 cm²) saptanmıştır. Bu değer apne bulunmayan basit horlamalı hastalarda 2.12 cm² ile 2.62 cm² aralığında (ortalama 2.41 ± 0.12 cm²), apne bulunan hastalarda ise 1.24 cm² ile 2.1 cm² aralığında (ortalama 1.589 ± 0.201 cm²) saptanmıştır¹⁰. Her iki grup arasında farengeal kesit alanlarındaki bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Rivlin ve ark.¹⁵ ise aynı teknikte ortalama farengeal kesit alanını normal kişilerde 5.3 ± 0.6 cm², OSA'lı hastalarda 3.7 ± 0.8 cm² tespit etmiştir. Horlama hikayesi bulunmayan normal kişilerde akciğer hacmi ile ortalama farengeal alan ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise standart testlerin yapılmakta olduğu vital kapasitenin orta bölümünde ortalama farengeal alanın nispeten sabit kaldığı ve % 50 vital kapasitede ortalama farengeal alanın erkeklerde 5.37 ± 0.97 cm², bayanlarda 4.19 ± 0.58 cm² olduğu bulunmuştur¹⁶. Bu çalışmada

ise ortalama farengeal kesit alanı basit horlamalı hastalarda 2,94 cm² ile 4,95 cm² aralığında (ortalama 3.85 ± 0.56), OUA'li hastalarda ise 2,94 cm² ile 4,93 cm² aralığında (ortalama 3.81 ± 0.47) saptanmıştır. Her iki grup arasında ise anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu çalışma esas olarak ortalama farengeal alanları belirlemeyi amaçlamadığı için normal kişilerde çalışılmamıştır. Sonuçlarımız Kamel'in çalışma sonuçları ile oldukça farklılık göstermekle birlikte diğer çalışma sonuçları ile uyum göstermektedir. Bu konuda çok az sayıda çalışma bulunması sebebiyle ortalama farengeal alanların normal kişilerde, apnesiz horlamalı hastalarda ve OUA'li hastalardaki değerlerinin belirlenmesi için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada tüm hastalar birlikte değerlendirildiğinde hava yolunun ortalama kesit alanında, en dar bölgesinde ve hacminde yatar pozisyonda oturur pozisyonla karşılaştırıldığında belirgin azalma meydana gelmiştir. Olguları basit horlama hastaları ve OUA hastaları olarak iki gruba ayırdığımızda ise OUA'li hastalarda sadece ortalama farengeal alanda ve hacimde anlamlı bir azalma saptanmıştır. Huang ve ark.¹⁷ tarafından da yatar pozisyonda dik pozisyona göre farengeal alanda daralma tespit edilmiştir. Battagel ve ark.² da orofarengeal boyutlarda meydana gelen değişimi araştırdıkları çalışmalarında hem basit horlamalı hastalarda hem de OUA'li hastalarda dik pozisyondan sırt üstü yatar pozisyona geçildiğinde ortalama farengeal kesit alanında belirgin azalma meydana geldiğini saptamışlardır. Üst hava yolu tam olarak rijit yapılar ile desteklenmediği için, hava yolunun şekli ve boyutları yumuşak damak, dil ve orofarenks duvarlarının pozisyonuna bağlıdır. Bu yapılar yerçekiminden etkilenebilmektedir. Sırt üstü yatar pozisyonda yumuşak damak ve dilin posteriora hareket ederek orofarengeal alanı daralttığı bilinmektedir. Akustik refleksiyon tekniği ile hava yolunun değerlendirilmesi esnasında ağız solunumu yaptırılarak nazofarenks girişi yumuşak damak ile kapatıldığından pozisyon değişikliği ile yumuşak damaktan kaynaklanan belirgin daralma beklenmemektedir, bu sebeple oluşan darlığın daha çok dil kökü seviyesinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Bir çok çalışmada OUA'li hastalarda retropalatal ve retroglossal bölgelerde darlık olduğu ve farengeal hava yolu hacminin daha az olduğu ileri sürülmektedir^{5,7,18}. Bazı çalışmalarda ise sadece retropalatal bölgedeki darlığın OUA'li hastalarda önemli olduğu belirtilmektedir^{6,19,20}. Biz de bilgisayarlı tomografi ile OUA'li hastaların hava yolunu değerlendirdiğimiz daha önceki çalışmamızda



dil kökü seviyesinde hava yolu lümeninin antero-posterior çapının, transvers çapına oranı arttıkça apne indeksinin artmakta olduğunu tespit ettik⁴.

Çalışmamızda ise yatar pozisyonda en dar farengeal bölgedeki kesit alanının apne oluşumunda etkili bir faktör olduğu izlendi. Basit horlamalı ve OUA'li hastalarda en dar farengeal hava yolu oturur pozisyonda istatistiksel olarak herhangi bir farklılık olmamasına rağmen, OUA'li hastaların ortalama en dar farengeal kesit alanının rakamsal olarak daha küçük olduğunu saptadık. Buna karşılık aynı ölçümler yatar pozisyonda yapıldığında OUA'li hastalardaki bu darlık her iki grup arasında anlamlı olarak farklı bulundu. Oturur pozisyonda OUA hastaların nispeten daha dar hava yoluna sahip olmasından dolayı, en dar farengeal alanda meydana gelen ortalama daralma miktarı aynı olmasına rağmen, yatar pozisyondaki en dar farengeal kesit alanının OUA'li hastalarda belirgin farklılığa yol açtığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, sırt üstü yatar pozisyonda OUA'li hastalarda en dar farengeal alan basit horlamalı hastalardan belirgin olarak daha dardır. Bu sebeple pozisyon değişikliğine bağlı olarak meydana gelen farengeal darlık apne oluşumunda önemli bir etken olarak gözükmemektedir.

KAYNAKLAR

1. Aboussouan LS, Golish JA, Wood BG, Mehta AC, Wood DE, Dinner DS. Dynamic pharyngoscopy in predicting outcome of uvulopalatopharyngoplasty for moderate and severe obstructive sleep apnea. *Chest*. 1995;107:946-51. PMID: 7705159
2. Battagel JM, Johal A, Smith AM, Kotecha B. Postural variation in oropharyngeal dimensions in subjects with sleep disordered breathing: a cephalometric study. *Eur J Orthod*. 2002; 24:263-76. PMID: 12143090
3. Dundar A, Gerek M, Ozunlu A, Yetiser S. Patient selection and surgical results in obstructive sleep apnea. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1997;254 Suppl 1:S157-61. PMID: 9065654
4. Dündar A, Gerek M, Akçam T, Pabuşçu Y. Obstruktif uyku apneli hastalarda üst hava yolu boyutlarının bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi. *KBB ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 1998; 6:134-138
5. Haponik EF, Smith PL, Bohlman ME, Allen RP, Goldman SM, Bleecker ER. Computerized tomography in obstructive sleep apnea. Correlation of airway size with physiology during sleep and wakefulness. *Am Rev Respir Dis*. 1983;127:221-6. PMID: 6830039
6. Suratt PM, Dee P, Atkinson RL, Armstrong P, Wilhoit SC. Fluoroscopic and computed tomographic features of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis*. 1983; 127: 487-92. PMID: 6838055
7. Suto Y, Matsuo T, Kato T, Hori I, Inoue Y, Ogawa S, Suzuki T, Yamada M, Ohta Y. Evaluation of the pharyngeal airway in patients with sleep apnea: value of ultrafast MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 1993;160:311-4. PMID: 8424340
8. Brooks LJ, Byard PJ, Fouke JM, Strohl KP. Reproducibility of measurements of upper airway area by acoustic reflection. *J Appl Physiol*. 1989;66: 2901-5. PMID: 2745356
9. Kamal I. Normal standard curve for acoustic pharyngometry. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001 Mar;124:323-30. PMID: 11241000
10. Kamal I. Acoustic pharyngometry patterns of snoring and obstructive sleep apnea patients. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;130(1):58-66. PMID: 14726911
11. Marshall I, Rogers M, Drummond G. Acoustic reflectometry for airway measurement. Principles, limitations and previous work. *Clin Phys Physiol Meas*. 1991;12:131-41. PMID: 1855359
12. Hilberg O. Objective measurement of nasal airway dimensions using acoustic rhinometry: methodological and clinical aspects. *Allergy*. 2002;57:5-39. PMID: 11990714
13. D'Urzo AD, Lawson VG, Vassal KP, Rebuck AS, Slutsky AS, Hoffstein V. Airway area by acoustic response measurements and computerized tomography. *Am Rev Respir Dis*. 1987;135:392-5. PMID: 3813203
14. Marshall I, Maran NJ, Martin S, Jan MA, Rimmington JE, Best JJ, Drummond GB, Douglas NJ. Acoustic reflectometry for airway measurements in man: implementation and validation. *Physiol Meas*. 1993;14:157-69 PMID: 8334411
15. Rivlin J, Hoffstein V, Kalbfleisch J, McNicholas W, Zamel N, Bryan AC. Upper airway morphology in patients with idiopathic obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis*. 1984;129:355-60.
16. Brown IG, Zamel N, Hoffstein V. Pharyngeal cross-sectional area in normal men and women. *J Appl Physiol*. 1986;61:890-5. PMID: 3759773
17. Huang J, Shen H, Takahashi M, Fukunaga T, Toga H, Takahashi K, Ohya N. Pharyngeal cross-sectional area and pharyngeal compliance in normal males and females. *Respiration*. 1998;65:458-68.
18. Schwab RJ, Gefter WB, Hoffman EA, Gupta KB, Pack AI. Dynamic upper airway imaging during awake respiration in normal subjects and patients with sleep disordered breathing. *Am Rev Respir Dis*. 1993;148:1385-400. PMID: 8239180
19. Chen NH, Li KK, Li SY, Wong CR, Chuang ML, Hwang CC, Wu YK. Airway assessment by volumetric computed tomography in snorers and subjects with obstructive sleep apnea in a Far-East Asian population (Chinese). *Laryngoscope*. 2002; 112:721-6. PMID: 12150529
20. Polo OJ, Tafti M, Fraga J, Porkka KV, Dejean Y, Billiard M. Why don't all heavy snorers have obstructive sleep apnea? *Am Rev Respir Dis*. 1991; 143:1288-93. PMID: 2048815