



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

KULAK BURUN BOĞAZ

ANABİLİM DALI

**NAZAL PASAJ HACİMLERİNDE EGZERSİZE BAĞIMLI
DEĞİŞİMLERİN AKUSTİK RİNOMETRİ İLE ÖLÇÜLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Ö. Süha VARDARELİ

Ankara, 2007



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
KULAK BURUN BOĞAZ
ANABİLİM DALI

NAZAL PASAJ HACİMLERİNDE EGZERSİZE BAĞIMLI
DEĞİŞİMLERİN AKUSTİK RİNOMETRİ İLE ÖLÇÜLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Ö. Süha VARDARELİ

Tez DanıŐmanı: Dr. Özcan ÇAKMAK

Ankara, 2007

TEŐEKKÜR

Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'ndaki asistanlık eğitimimi bitirirken, Başkent Üniversitesi Tıp Fakóltesi Hastanesi ve Araştırma ve Uygulama Merkezleri'nde çalıŐan tüm Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı öğretim üye ve görevlilerine teŐekkür ederim. Uzmanlık tezimin oluşmasındaki katkılarından dolayı Başkent Üniversitesi Tıp Fakóltesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'ndan Uzm. Dr. Nuri Çetin ve Uzm. Fzt. Neslihan Alkan'a, Biyoistatistik Anabilim Dalı'ndan Dr. AyŐe Canan Yazıcı'ya teŐekkür ederim.

Dr. Ö. Süha VARDARELI

ÖZET

Nazal Pasaj Hacimlerinde Egzersize Bağımlı Değişimlerin Akustik Rinometri ile Ölçülmesi

Egzersiz sırasında sempatik sistemin aktive olmasına bağlı olarak nazal mukozada dekonjesyon olur, nazal pasaj açıklığı artar. Literatürde egzersiz şiddetinin ve süresinin nazal yanıtta etkisinin araştırıldığı az sayıdaki çalışmada çelişkili sonuçlar bildirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, izotonik fizik egzersiz sonrası nazal pasaj hacimlerinde oluşan değişimleri, ek olarak egzersizin şiddetinin ve süresinin arttırılmasının bu değişime etkisini akustik rinometri ile değerlendirmektir.

Çalışmaya 10 sağlıklı gönüllü erkek denek dahil edilmiş; deneklerin “kişiyeye özel egzersiz kapasiteleri” belirlenmiştir. Deneklerin istirahattaki nazal pasaj hacimleri akustik rinometri ile ölçülmüş, ardından egzersiz şiddeti ve süresinin nazal pasaj kavite hacimlerine etkilerinin araştırılması için koşu bandında 5 dk hafif egzersiz, 5 dk ağır egzersiz ve 10 dk ağır egzersiz olmak üzere 3 farklı egzersiz protokolü uygulanmıştır. Egzersiz sonrası akustik rinometri ile nazal pasaj hacimleri egzersizden hemen sonra (0. dk) ve her egzersiz protokolü sonrası 10., 20. ve 30. dk’larda ölçülmüştür. Değişik egzersiz protokollerinden elde edilen değerler, birbirleri ve istirahat değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonucunda, izotonik fizik egzersizin deneklerin toplam nazal pasaj hacimlerinde 3 farklı egzersiz protokolünde de artışa neden olduğu, bu artışın egzersiz sonrası hemen başlayıp, yaklaşık 20 dk sürdüğü tespit edilmiştir. Nazal pasaj hacimlerindeki artış, tüm protokollerde egzersiz sonrası 0. ve 10. dk’larda belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Egzersizin süresinin ya da şiddetinin arttırılmasının bu artışa istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Egzersiz, nazal hacim, akustik rinometri, süre, şiddet

SUMMARY

Evaluation of Exercise Dependent Changes in Nasal Volume by Acoustic Rhinometry

Exercise causes nasal mucosal decongestion by the activation of sympathetic nervous system, resulting in an increase in nasal patency. There is limited and contradictory information in the literature about the effects of isotonic exercise at different durations or intensity levels on the nasal patency. The aim of our study was to determine the effect of intensity level and duration of isotonic physical exercise to the nasal volume by acoustic rhinometry.

10 healthy male volunteers were included in this study and their individual specific exercise capacities were determined. The nasal volumes at rest were measured for each individual. The volunteers underwent 3 different exercise protocols to evaluate the response of the nasal volume to the increased exercise intensity and duration; 5 min light exercise, 5 min intense exercise and 10 min intense exercise. Their nasal volumes were measured immediately after the end of exercise (0. min), and 10, 20 and 30 min after each exercise protocol. The nasal volumes obtained from each protocol were compared with each other and with the resting nasal volumes.

Isotonic physical exercise resulted in an increase in total nasal volumes and this effect lasted about 20 min after the end of each exercise protocol. At 0 and 10 minutes after the cessation of each exercise protocol, the increase in total nasal volumes was found to be significant. Neither the increase in intensity nor the duration of the exercise had a significant effect to the course of the nasal response.

Key words: Exercise, nasal volume, acoustic rhinometry, duration, intensity

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

Özet	iv
İngilizce özet.....	v
İçindekiler	vi
Kısaltmalar ve simgeler	vii
Şekiller Dizini.....	viii
Tablolar Dizini	ix
1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler	3
3. Gereç ve Yöntem.....	13
3.1 Denekler.....	13
3.2 Egzersiz kapasitesinin belirlenmesi	13
3.3 Egzersiz protokolleri ve akustik rinometri ölçümleri	14
3.4 İstatistiksel analiz	17
4. Bulgular	18
5. Tartışma	22
6. Sonuçlar ve Öneriler	28
7. Kaynaklar.....	29

KISALTMALAR ve SİMGELER

AR : Akustik rinometri

Cm : Santimetre

cm² : Santimetre kare

cm³ : Santimetre küp

dk : Dakika

Hz : Hertz

NPY : Nöropeptid Y

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 2.1.** Nazal valv anatomisi ve nazal valv açısı (sayfa 4)
- Şekil 2.2.** İspirasyon sırasında hava akımının yönü (sayfa 5)
- Şekil 2.3.** Ekspirasyon sırasında hava akımının yönü (sayfa 6)
- Şekil 2.4.** Kuvvetli inspirasyon sırasında hava akımı yönü (sayfa 6)
- Şekil 2.5.** Akustik rinometri devresinin şematik gösterimi (sayfa 8)
- Şekil 2.6.** Normal bir şahsın sağ burun pasajının dekonjesyon öncesi ve sonrası akustik rinometri ile ölçümü (sayfa 9)
- Şekil 3.1.** Egzersiz protokolleri sırasında kullanılan koşu bandı (sayfa 14)
- Şekil 3.2.** Akustik rinometri cihazı (sayfa 15)
- Şekil 3.3.** 10 dk ağır egzersizden sonra bir deneğin sağ nazal pasaj AR ölçümleri (sayfa 16)
- Şekil 3.4.** 3 farklı egzersiz protokolü uygulanmış bir deneğin, egzersizden hemen sonra (0. dk) sağ nazal pasaj AR ölçümleri (sayfa 16)
- Şekil 4.1.** Sağ pasaj ortalama hacminde egzersizle gözlenen değişimler (sayfa 18)
- Şekil 4.2.** Sol pasaj ortalama hacminde egzersizle gözlenen değişimler (sayfa 19)
- Şekil 4.3.** Toplam (sağ+sol) pasaj ortalama hacminde egzersizle gözlenen değişiklikler(sayfa 20)

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Sağ nazal pasaj için tüm egzersiz protokollerinde istirahat ve egzersiz sonrası ortalama hacim değerleri (sayfa 18)

Tablo 4.2. Sol nazal pasaj için tüm egzersiz protokollerinde istirahat ve egzersiz sonrası ortalama hacim değerleri (sayfa 19)

Tablo 4.3. Tüm egzersiz protokollerinde istirahat ve egzersiz sonrası ortalama toplam nazal pasaj hacimleri (sayfa 20)

1. GİRİŞ

Egzersiz ile oluşan hava yolu direnci değişiklikleri birçok araştırmacı tarafından değişik şekillerde açıklanmıştır. Egzersiz sırasında, nazal mukozanın kapasitans damarlarındaki α -adrenerjik reseptörlerin uyarılmasıyla erektil dokular dekonjeste olur ve mukoza kalınlığı ile nazal havayolu direnci azalır (1). Böylece kan oksijenasyonu için akciğerlere giden hava miktarı artar. Richerson ve Seebohm (2) tarafından egzersizde oluşan nazal yanıtın sorumlu temel mekanizmanın sempatik sistem deşarjı olduğu ileri sürülmüştür. Bu teori daha sonra pek çok araştırmacı tarafından da desteklenmiştir (3-7). Forsyth ve arkadaşları (7), nazal hava yolu direncinde, egzersizin şiddetiyle orantılı bir azalma meydana geldiğini, egzersiz başlangıcındaki direnç değerlerinde gözlenen ani azalmayı daha yavaş ve progresif bir azalmanın takip ettiğini ve nazal hava yolu direncinin %38 oranında düştüğünü saptamışlardır. Yazarlar, başlangıçtaki ani direnç düşüşünü ala nasi kası aktivitesine, sonraki yavaş düşüşü ise sempatik deşarja sekonder vasküler olaylara bağlamışlardır. Egzersizin burun fiziyojisine etkisi ile ilgili kapsamlı çalışmaların çoğunda nazal hava yolu direncinin değerlendirildiği rinomanometri tekniğinden faydalanılmış (4,5,8,9,10,11,12), dolayısıyla nazal pasaj kesit alanları ya da hacimlerdeki değişiklikler irdelenmemiştir. Dolayısıyla egzersizin nazal pasajın hangi bölgesinde ne miktarda genişlemeye yol açtığı ya da nazal kavite hacminde ne derece değişiklik oluşturduğu yeterince bilinmemektedir. Egzersize bağlı nazal yanıtın değerlendirilmesi amacıyla yapılan direnç ölçümlerinde, tek başına toplam nazal direncin % 50'sinden fazlasını oluşturan nazal valve odaklanılmaktadır. Ancak, nazal valv bölgesinde dekonjesyonu değerlendirecek miktarda erektil doku bulunmaz (13). Bu nedenle egzersiz sonrası nazal pasaj değişimlerini incelerken rinomanometri kullanmak yeterli bilgi vermeyebilir.

Akustik rinometri (AR), nazal geometrinin değerlendirilmesinde kullanılan bir cihazdır. AR, egzersiz sonrası burun erektil dokularında dekonjesyona sekonder gelişen alan ve hacim değişikliklerini ortaya koymada kullanılabilir. Literatürde egzersizin akustik rinometri ölçümlerine etkisi üzerine az sayıda çalışma mevcuttur (14-18). Bu çalışmaların çoğunda nazal pasajın belli bölgelerindeki kesit alanı değişimleri değerlendirilmiştir (14,15,17). Oysa nazal kavite üç boyutlu dinamik bir yapıdır; belli bölgelerinden elde edilen kesit alanı ölçümleri, nazal kavitedeki genel değişimleri yansıtmada yetersiz kalabilir. Ayrıca, son çalışmalar AR alan-uzaklık eğrisindeki minimaların, nazal valv dışında hiçbir anatomik

yapıyı (alt konka, orta konka, koana gibi) temsil etmediğini, aksine kavitede oluşan akustik rezonanslara sekonder ossilasyonlar olduklarını göstermiştir (13,19). Dolayısıyla AR ile yapılan çalışmalarda, ölçümleri bazı bölgelere ait olduğu farz edilen kesit alanları ile sınırlamak araştırmacıyı yanlış ya da eksik sonuca götürebilir. Ek olarak, AR maksiler sinüs ostiumundan sonraki bölgelere ait alanları olduğundan çok daha büyük (overestimation) olarak ölçer (20,21,22,13). Ancak, bir bütün olarak değerlendirildiğinde AR, nazal valv kesit alanı sağlıklı erişkin ölçülerinde olan insanlarda, sinüs ostiumlarının başladığı 5.5 cm'ye kadar olan bölgede nispeten güvenilir bilgiler vermektedir (21,22). Bu nedenlerle, AR ile egzersiz etkisinin değerlendirilmesinde belli bölgelere ait olduğu düşünülen kesit alan değişimleri yerine, cihazın göreceli olarak doğru değerlendirme yapabildiği 0-5.5 cm arası (nostrilden maksiler sinüs ostiumuna kadar olan) bölgenin hacim ölçümlerinin kullanılması ile en sağlıklı bilgi elde edilecektir.

Literatürde sistemik hastalığı ya da nazal patolojisi olmayan bireylerde izotonik fizik egzersizin nazal pasaj hacmine etkisinin incelendiği sadece bir çalışma bulunmaktadır (18). Bu çalışmada Fonseca ve ark. (18), egzersizin süresinin arttırılmasının nazal pasaj hacimlerinde şiddetinin arttırılmasından daha belirgin bir artış meydana getirdiğini göstermişlerdir. Buna karşılık, Dallimore ve Eccles (1) ile Forsyth ve ark. (7) tarafından, nazal direnç ölçümüne dayalı yapılan çalışmalarda, egzersiz şiddetinin arttırılmasının, dirençte egzersiz süresinin arttırılmasından daha belirgin oranda düşmeye yol açtığı bildirilmiştir. Ayrıca, Fonseca ve ark. (18) egzersize olan nazal yanıtın 20 dk sürdüğünü bildirirken, Olson ve Strohl (4), rinomanometri ile yaptıkları çalışmalarında nazal pasajda oluşan dekonjesyonun 30 dk boyunca belirgin olduğunu belirtmişlerdir.

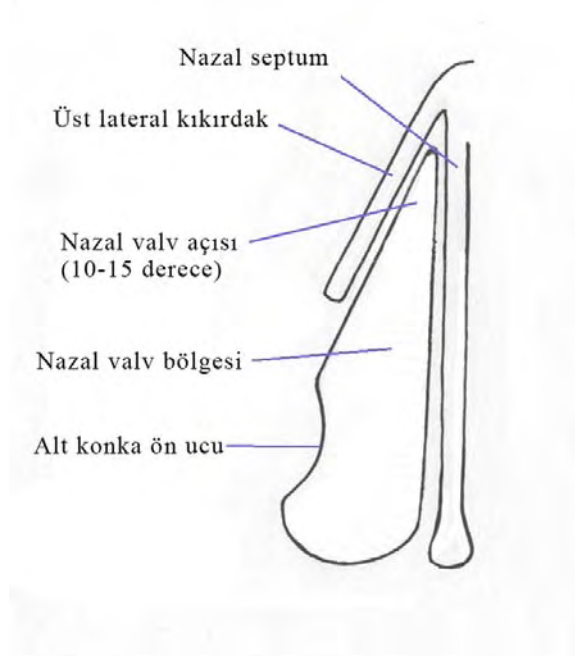
Yukarıda özetlendiği üzere, egzersiz şiddeti ve süresinin nazal yanıtı etkisi ile ilgili az sayıdaki çalışmada çelişkili bilgiler sunulmuştur. Çalışmamızın amacı; nazal pasaj hacimlerinde izotonik fizik egzersize sekonder gelişen değişimin niteliği ve süresinin yanı sıra, egzersiz şiddeti ve süresinin arttırılmasının bu değişime etkisini AR ile araştırmaktır. Bu amaçla, egzersiz şiddeti ve süresinin nazal pasaj hacimlerine etkilerinin araştırılması için 5 dk hafif egzersiz, 5 dk ağır egzersiz ve 10 dk ağır egzersiz olmak üzere 3 farklı protokol uygulandı, her protokol sonrası egzersizden hemen sonraki (0. dk) ve egzersiz sonrası 10. dk, 20. dk ve 30. dk'lardaki nazal pasaj hacimleri AR ile ölçüldü. Değişik egzersiz protokollerinden elde edilen değerler, birbirleri ve istirahat değerleri ile karşılaştırıldı.

2. GENEL BİLGİLER

Solunum yollarının ilk organı olan burun hava akımı için dirençli bir geçit oluşturur. Alt solunum yollarının 100 m² 'lik yüzey alanına karşın burun mukozası 150 cm² yüzey alanına sahiptir, buna rağmen toplam havayolu direncinin yaklaşık yarısı burun tarafından oluşturulur. Hava akımı burun içerisindeki dar segmentlerden geçerken laminar halden türbülant hale geçer; türbülant akım hava mukozaya temas süresini attırır, maksimum nemlendirme ve ısıtmaya olanak verir; bu da alveollerde en etkili gaz alışverişini sağlar (23). Bahsedilen fonksiyonların yerine getirilebilmesi için burun içerisinde nazal valv denilen dar bölgeler vardır. Burunda 4 adet valv bulunur (23-25).

1. Eksternal nazal valv: Nazal vestibül, nazal septum, kolumella ve alar kıkırdaklar tarafından oluşturulur. İspirasyon sırasında aktif, ekspirasyon sırasında pasif olarak genişleyen yapılardır.
2. Alt konkalar: Siyah ırktaki en önemli valv sistemidir. Konjeste ve dekonjeste olarak hava akımını ayarlar.
3. Septal valv: Orta konka ile nazal septum arasındaki erektil dokular tarafından oluşturulur. Esas olarak orta konka hava akımını nazal kavite içerisine yönlendirir, ostiomeatal kompleksi inspirasyon havasından korur.
4. İnternal nazal valv: Nazal pasajın en dar bölgesidir ve beyaz ırkta hava akımını ayarlayan en önemli valvdir. İnternal nazal valv, lüminal valv, os internum, lüminal vestibulum, akımı sınırlayan segment, Cottle'ın ikinci bölgesi olarak da adlandırılır (24-26). Nazal valv'den bahsedilince genellikle internal nazal valv anlaşılır.

Nazal valv bölgesini oluşturan anatomik yapılar, üst lateral kıkırdağın kaudal ucu, nazal septum, alt konka ön ucu ve burun tabanıdır (Şekil 2.1) (27). Bu bölge burun pasajının en dar bölgesidir ve toplam yüzey alanı 55-64 mm² dir (28). Üst lateral kıkırdak kaudal ucuyla nazal septum arasındaki açı nazal valv açısı olarak adlandırılır ve normal bireylerde 10-15 derecedir (26,27). Üst lateral kıkırdak kranial parçası nazal kemiğin alt yüzünde, nazal kemiğe sıkı bir şekilde bağlı olarak uzanır. Üst lateral kıkırdak (kaudaldeki serbest uç hariç), medialde de septal kıkırdak ile devamlılık gösterir. Ancak üst lateral kıkırdak kaudal sınırının medialde septal kıkırdakla, lateralde ise kemikle bağlantısı yoktur ve serbest olarak sonlanır. Bu kısım kendi kendine hareket edebilir ve üst solunum yolunun en hareketli parçasıdır (26,27,29).



Şekil 2.1. Nazal valv anatomisi ve nazal valv açısı

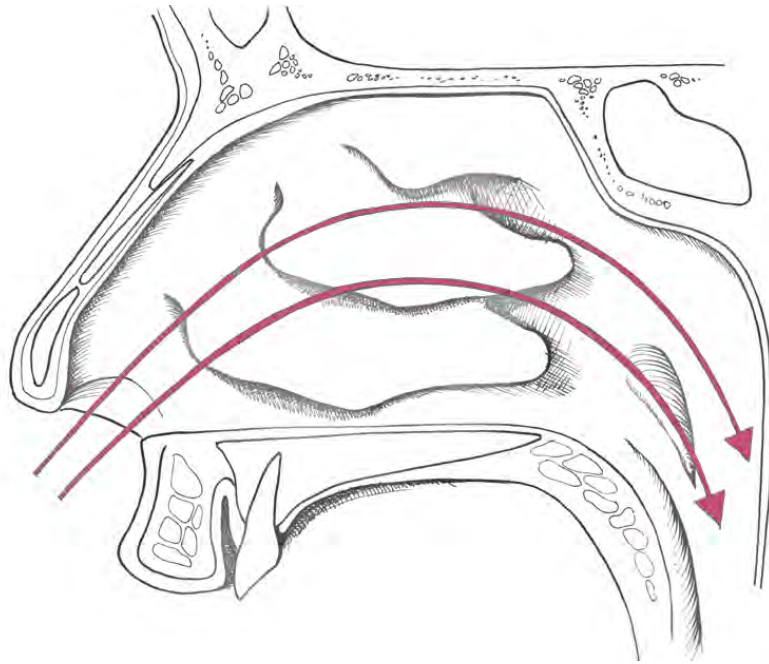
Nazal valv hava pasajının en hareketli ve en dar segmenti olarak, solunum oranını ve derinliğini kontrol eder. Hava akımına şekil, hız ve yön verir. Üst solunum yolları toplam direncinin %50'sinden tek başına sorumludur ve direnci ayarlar (26,30).

Alar kıkırdakların kranial uçları, üst lateral kıkırdakların kaudal uçları üzerinde birbirlerine temas etmeyecek şekilde yerleşirler. İnterkartilajöz bölgede kıkırdak uçlarında sıklıkla kalınlaşma ve kıvrılma mevcuttur. Kıkırdak yapılar birbirlerine yoğun bağ dokusuyla bağlıdır (29). Burun kaslarının hiçbiri doğrudan üst lateral kıkırdaklara yapışmadıklarından nazal valv fonksiyonlarını doğrudan etkilemezler. Bu kaslardan en önemlisi dilatör nasi kasıdır. Dilatör nasi, vestibül ve nostrilin (eksternal valvin) istemli olarak açılmasını sağlar. Yüksek inspirasyon sırasında nazal valv bölgesini dolaylı etkileyerek nazal kollapsı önler. Fasiyal paralizide dilatör nasi fonksiyonları olumsuz yönde etkilenir (25,31,32).

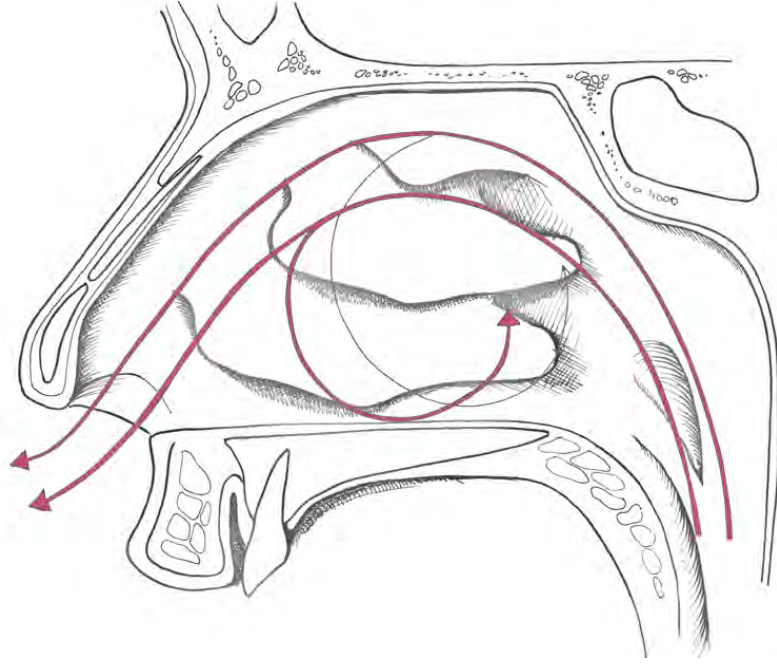
Nazal kavitenin her iki tarafı 2,5 ile 4 saat süren konjesyon ve dekonjesyon evreleriyle karakterize periyodik direnç değişiklikleri gösterir, buna nazal siklus denir. Bu siklus popülasyonun %80'inde gözlenir. Bir tarafta konjesyon mevcut iken diğer tarafta dekonjesyon olur, bir süre sonra ise tersi görülür. Nazal dirençteki ardı ardına oluşan bu değişim esnasında, hava akımına karşı toplam direncin göreceli olarak sabit kalır (33). Bu

durum nazal siklusun S.S.S kontrolünde gerçekleřtiđi, nazal mukozanın tek bařına nazal siklus regulasyonundan sorumlu olmadıđı dűřuncesini dođurmaktadır. İnsanda nazal siklustaki deđiřimlerle beraber fazik olarak pupil çapında da deđiřimler gűzlenmesi bu gűrűřű destekler (34).

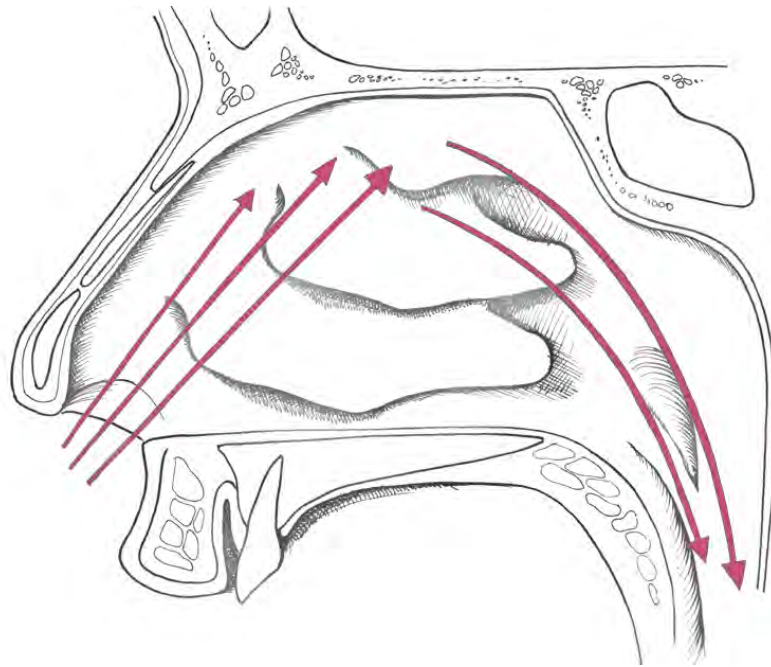
Buruna girişte hava, n burun deliklerinden yukarıya nazal çatının şekline gűre yűnlenir. Hava akımı nazal çatıya ulaştığında 80-90 derece arkaya doğru dűner ve nazofarinks arka duvarına arpına dek horizontal bir yol izler. Burada karşı pasajdan gelen hava akımı ile birleşerek 80-90 derecelik bir eğimle aşağıya yűnelir. Bu iki kırılmanın her biri çarpma noktaları olarak adlandırılır ve partikűllerin uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Normal solunumda hava en çok orta konka hizasından geçer ancak kuvvetli nefes alıp vermek ve burun çekmekle hava akımı burnun űst kısımlarında ve olfaktűr mukozada yoğunlaşır (35) (şekil 2.2, 2.3, 2.4).



řekil 2.2. İspirasyon sırasında hava akımının yűnű



Şekil 2.3. Ekspirasyon sırasında hava akımının yönü



Şekil 2.4. Kuvvetli inspirasyon sırasında hava akımı yönü

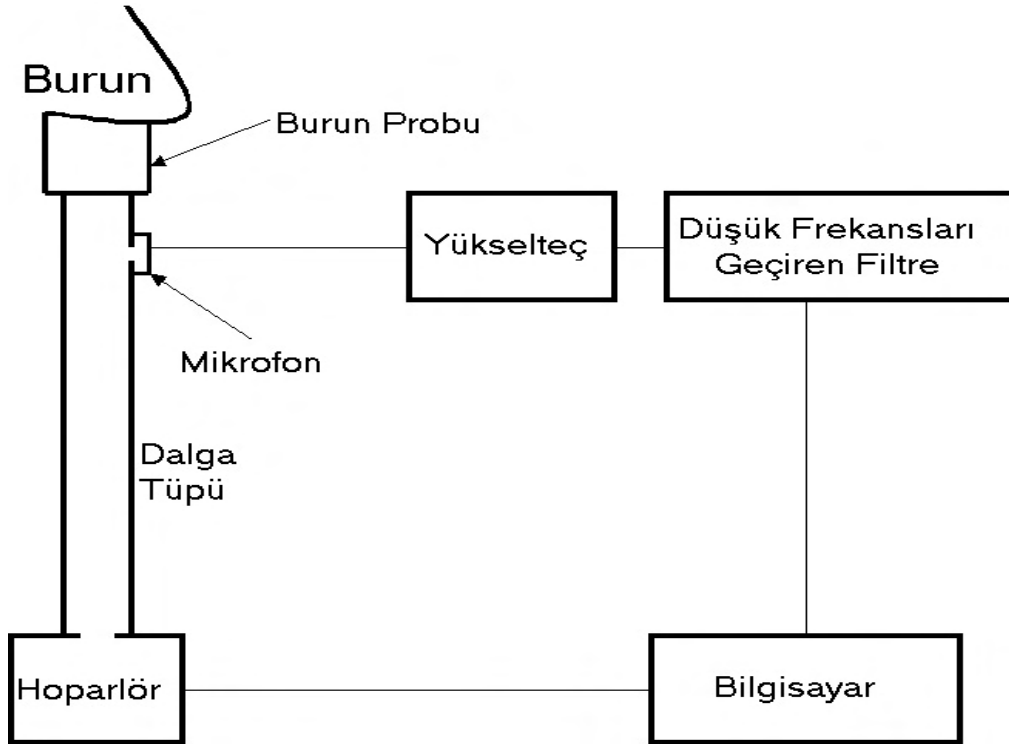
Burun lateral duvarında önden arkaya doğru uzanan üç adet nazal konka mevcuttur. Orta ve üst konkalar etmoid kemiğin uzantılarıdır. Alt konka ise lateral nazal duvara üst sınırı ile bağlı olan ayrı bir kemiktir. Her iki alt ve orta konkalar, ön uçları hariç, yalancı çok katlı silialı prizmatik epitel ile kaplıdır. Ön uçları, alçak kuboidal veya squamöz epitel ile döşelidir. Konkalar içerdikleri erektil mukoza ile nazal direncin ve nazal pasaj açıklığında değişimlerin oluşmasına katkıda bulunurlar. Üst ve orta konka arasındaki boşluğa üst meatus, orta ve alt konka arasındaki boşluğa orta meatus, alt konkanın altında kalan boşluğa da alt meatus adı verilir.

Toplam hava yolu direncinin çoğunun burunda oluşturulması nedeniyle, nazal pasaj açıklığındaki görece küçük farklılıklar dahi total hava yolu direncini belirgin oranda değiştirerek solunum fonksiyonunu etkileyebilirler. Burun hava yolu direncini pek çok faktörün etkilediği bilinmektedir. Bunlar: yaş, çevre ısı, vücut postürü, ilaçlar, hiperventilasyon, burun mukozasındaki inflamatuvar olaylar, hormonal faktörler, alkol tüketimi ve egzersizdir (36). Çeşitli çalışmalarda egzersiz sırasında toplam nazal havayolu direncinde belirgin düşme geliştiği gösterilmiştir (1, 4, 5,6,7,8, 9,10,37).

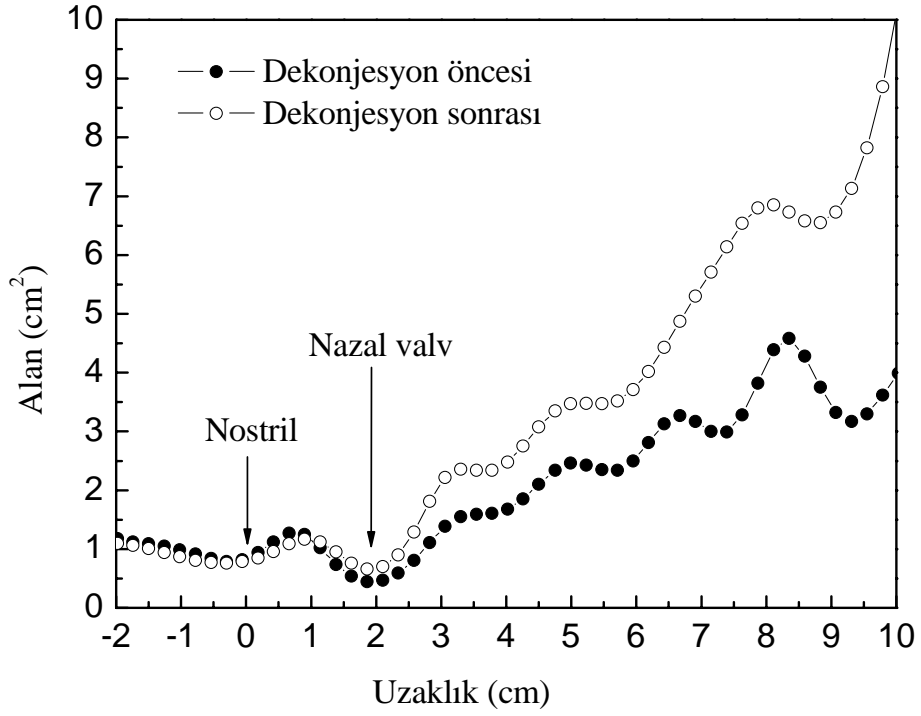
Nazal hava yolu direncindeki değişiklikler ve nazal pasaj açıklığı, anterior rinoskopi, manyetik rezonans, bilgisayarlı tomografi, rinomanometri gibi değişik tekniklerle ölçülmeye çalışılmıştır. Bu yöntemlerin her birinin yüksek fiyat, subjektif olma, uygulama zorluğu, uygulama esnasında hastaya rahatsızlık verme gibi dezavantajları mevcuttur. Nazal pasaj geometrisini değerlendirmeye yarayan diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında AR, pratik, çabuk, kolay uygulanabilen, minimal hasta kooperasyonu gerektiren noninvaziv, nispeten ucuz bir yöntemdir.

AR, Hilberg ve arkadaşları (38) tarafından 1989 yılında nazal pasaj geometrisinin objektif değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir teknik olarak sunulmuştur. Nazal kavite içine gönderilen ve yansıyan ses dalgalarının analizi esasına göre çalışır. Bir hoparlör tarafından üretilen akustik dalgalar, dalga tüpü içinden ve AR'nin burun probundan geçerek burun pasajına ulaşır. Gönderilen akustik dalga paketi, bir akustik eksen doğrultusunda ilerlerken burun pasajı kesit alanı değişimlerinin oluşturduğu akustik impedans değişimleriyle karşılaşarak yansır. Gönderilen ve yansıyan ses dalgaları dalga-tüpü içinde bulunan mikrofon tarafından algılanarak elektrik sinyaline dönüştürülür. Bu sinyal bir yükselteç yardımıyla yükseltildikten sonra bir analog-sayısal dönüştürücü (*analog-digital converter*)

devresi ile sayısal bilgiye dönüştürülür (Şekil 2.5). Sayısal bilgiye dönüştürmenin amacı bilgisayar ortamında analiz yapılabilmesini sağlamaktır. Hoparlörden çıkan akustik dalga paketi içinde duyulur bölgedeki tüm frekanslar (20-20000 Hz) olabilir. Dalga boyu küçüldükçe nazal kavite içinde yayılan ses dalgalarında girişim ve kırınım etkilerinin başlaması nedeniyle, 10000 Hz'den daha yüksek frekansları geçirmeyen sayısal filtreler (*low-pass filter*) kullanılır. Bilgisayar yazılımları kullanılarak gönderilen ve yansıyan ses dalgalarının genlikleri analiz edilir ve kesit alanları hakkında bilgi elde edilir. Ayrıca gönderilen ve yansıyan ses dalgaları arasındaki zaman farkı ölçülerek kesitlerin yeri belirlenir. Bu iki bilgi birleştirilerek *alan-uzaklık* eğrisine çevrilir (38,39) (Şekil 2.6). Buradaki alan, akustik yola dik kesit (*cross-sectional*) alanlarıdır. Düşey eksen cm^2 cinsinden alanı, yatay eksen ise cm cinsinden uzaklığı gösterir. Sıfırdan itibaren sağa doğru olan kesim burun içine ait bilgileri içerir. AR grafiklerinde 0 cm'de elde edilen ilk minimum kesit alanı nostrile, daha sonra elde edilen ikinci minimum kesit alanı ise nazal valve aittir (Şekil 2.6). Buna karşılık nazal pasajdaki diğer anatomik oluşumlar (alt konka başı, orta konka başı, orta konka ortası, nazofarinks) AR grafiklerinde ayırt edilemez (13,19).



Şekil 2.5. Akustik rinometri devresinin şematik gösterimi



Şekil 2.6. Normal bir şahsın sağ burun pasajının dekonjesyon öncesi ve sonrası akustik rinometri ile ölçümü

Hazırlanan yazılımlar sayesinde akustik rinometrilerin kullanımı çok basittir. Ancak kullanıcının bazı temel prensiplerden haberdar olması gerekir. Akustik rinometrinin kullanımından kaynaklanan hataları minimuma indirmek için aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir:

1. Akustik rinometrinin burun probu, nostrile burun anatomisini bozmayacak şekilde yerleştirilmelidir (40).
2. Ölçümlerden önce prob ucuna, hava kaçaklarını önlemek için, mutlaka jel sürülmelidir (40). Hava kaçağı akustik rinometri ölçümlerinde en önemli hata kaynağını teşkil eder.
3. Ölçümler sırasında hastanın pozisyonunun değişmemesine özen gösterilmelidir.
4. Yapılan ölçümler birkaç kez tekrarlanmalıdır. Böylelikle, probun buruna uygun yerleştirilememesiyle oluşabilecek akustik sızıntı veya burun anatomisinin distorsiyonuna bağlı hatalı ölçümler saptanarak elimine edilebilir.
5. Burun pasajında sekresyonların bulunması, ölçümlerde pasaj kesit alanının olduğundan

daha dar olarak saptanmasına neden olur. Bu yüzden, AR ölçümlerinden önce nazal kavite sekresyonlardan temizlenmelidir (41).

Ölçümlerin, yukarıda anlatılanlar hakkında bilgi sahibi olan kişiler tarafından yapılmasına özen gösterilmelidir (42).

AR'nin klinik uygulama alanları arasında her türlü nazal patolojinin lokalizasyonunun ve miktarının belirlenmesi, nazal yapıların ameliyat sonuçlarının (septoplasti, konka cerrahisi gibi) değerlendirilmesi, çeşitli tedavilerin (sistemik veya topikal uygulanan ilaçlar gibi) buruna etkilerinin belirlenmesi, değişik tedavi yöntemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılması sayılabilir. Ayrıca, dekonjesyon öncesi ve sonrası değerler arasındaki fark nazal obstrüksiyonun reversible komponenti hakkında fikir verebilir (43). Ek olarak AR ölçümlerine yaşın, cinsiyetin, boy uzunluğunun, ağırlığın ya da vücut kitlesinin etkisinin olmadığı gösterilmiştir (44). Ancak, geniş bir yelpazede kullanılabilen AR'nin en önemli dezavantajı, ölçümlerin alete ve ölçüme bağlı olarak değişebilen oranda hata içerebilmesidir. AR kullanan hekimlerin ve teknisyenlerin, AR ölçümlerinde etkili olabilecek faktörlerden ve muhtemel hatalardan haberdar olması gereklidir. AR ölçümlerinde gelişebilecek hatalardan habersiz olarak yapılacak klinik çalışmalar yanlış olarak yorumlanabilir.

Akustik dalga analizlerinin Sondhi ve Gopinach (45) tarafından ilk olarak kullanılmaya başlandığı 1971 yılından bu yana dar bir kesitten sonraki alanların hesaplanmasında önemli oranda hata oluşabileceği bilinmektedir. Burnun en dar bölgesi olan nazal valv bölgesinin önde yerleşmiş olması bu açıdan potansiyel bir problem yaratır. Nazal valv kesit alanı normal erişkin ölçülerinde ise anterior nazal kavitenin ölçümleri güvenilir olmakta, kesit alanı küçüldükçe ölçümlerdeki hata oranı yükselmektedir (19,41,46,47,48). Bu nedenle, anterior nazal kaviteyi daraltan septum deviasyonu, polip, tümör veya web gibi patolojiler, darlık bölgesinin ve darlığın arkasındaki alanların büyük oranda hatalı ölçülmelerine yol açar.

Ek olarak, arka kesimlerde paranasal sinüsler Helmholtz rezonatorü gibi davranır ve sinüs ostiumlarının posteriorundaki segmentlerin olduğundan büyük ölçülmesine neden olabilir (13,20,21,22,49). Paranasal sinüslerin başladığı 5.5-6 cm'den arkada kalan nazal kavite alanları sıklıkla hatalı ölçülür. Ölçümlerdeki hata oranı paranasal sinüs ostium çapları büyüdükçe artar (20,21). Bu hata, paranasal sinüslerin nazal kavitenin akustik impedansında

belirgin değişim yaratmalarından kaynaklanır (13). AR'nin algoritması paranasal sinüslerin nazal kaviteye bağlanmasının yarattığı etkileri algılayabilmeye uygun değildir (48).

Ayrıca, son çalışmalar AR alan-uzaklık eğrisindeki minimaların, nazal valv dışında (alt konka, orta konka, koana gibi) hiçbir anatomik yapıyı temsil etmediğini, aksine kavitede oluşan akustik rezonanslara sekonder ossilasyonlar olduklarını göstermiştir (13,19). Dolayısıyla AR ile yapılan çalışmalarda, nazal valv haricindeki bazı anatomik oluşumlara ait olduğu farz edilen kesit alanlarının kullanılması araştırmacıyı yanlış ya da eksik sonuca götürebilir. Nazal valv bölgesinde ise, nazal mukozal yanıtın değerlendirilebileceği miktarda erektil doku bulunmaz (13). Ancak, bir bütün olarak değerlendirildiğinde AR, nazal valv kesit alanı sağlıklı erişkin ölçülerinde olan insanlarda, sinüs ostiumlarının başladığı 5.5 cm'ye kadar olan bölgede nispeten güvenilir bilgiler vermektedir (21,22). Bu nedenlerle, AR ile egzersiz etkisinin değerlendirilmesinde cihazın göreceli olarak doğru değerlendirme yapabildiği 0-5.5 cm arası (nostrilden maksiler sinüs ostiumuna kadar olan) bölgenin hacim ölçümlerinin kullanılması ile en sağlıklı bilgi elde edilecektir.

Egzersize bağlı nazal yanıtta temel mekanizma burun mukozasında sempatik aktivasyon sonucu oluşan vasküler doku değişimleridir (11). Bu vasküler doku temel olarak nazal mukozanın lamina propriasındaki kapasitans damarlardan oluşur. En yüksek konsantrasyonda buldukları bölge alt konka olmakla birlikte orta konka ve septumun kaudal kısmında da belli miktarlarda bulunmaktadır (50,51). Son dönemde yapılan bir karşılaştırmalı AR-bilgisayarlı tomografi çalışmasında, erektil dokuların nazal valvin hemen arkasından başlayıp, koanaya kadar devam ettiği gösterilmiştir (13).

Nazal mukozanın erektil karakteristiği, ince duvarlı venöz sinüsler olan kapasitans damarlardan kaynaklanır. Kapasitans damarların genişleyerek kanla dolması konkalardaki mukozal hacmi arttırarak nazal hava yolu açıklığını azaltır (52). Buna karşılık, egzersiz kapasitans damarlardaki kan hacmini azaltarak nazal mukozada dekonjesyon yapar ve nazal hava yolu direnci azalır. Egzersiz sırasında nazal hava yolu direncinde hemen başlayan bir azalma olur ve bu etki egzersiz boyunca devam eder (1,5). 1952'de Stoksted (33) egzersize bağlı nazal direnç azalmasının adrenal medulladan salgılanan epinefrine bağlı olduğunu öne sürmüştür. Ancak daha sonra Richerson ve Seebohm (2) egzersize yanıtın stellat ganglion blokajıyla ortadan kaldırıldığını göstermiştir. Egzersize bağlı nazal direnç azalması,

egzersizdeki genel respiratuar yanıtın bir parçasıdır ve solunum yollarında hızlı gaz alış-verişini kolaylaştırır (1).

Paulsson ve ark. (3), egzersiz sırasında nazal mukozanın kan akımında hiçbir değişiklik olmadığını göstermişlerdir. Bu durum, egzersiz sırasında nazal mukozanın kan akımının ve kan hacminin aynı şekilde etkilenmediği sonucunu doğurur. Egzersizin burundaki net etkisi nazal mukozada değişmeyen bir kan akımı ve azalmış bir kan hacmidir (3). Kan hacmi kapasitans damarlar tarafından düzenlenirken, kan akımı rezistans damarların durumuyla regüle edilir (3). Rezistans ve kapasitans fonksiyonlardaki değişen etkinin sorumlusu, damarlardaki α adreno reseptör dağılımı farklılığı gibi görülmektedir (3). α_2 reseptörler her iki damar tipine etki ederken, α_1 adreno reseptörler sadece kapasitans damarları etkiler (53). Dolayısıyla egzersizin burundaki net etkisinin, α_1 reseptörlerin stimülasyonu sonucu olduğu düşünülebilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Denekler

Proje Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul tarafından onaylanmıştır (proje no: KA06/186). Çalışmaya burun şikayeti olmayan ve Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda yapılan kulak burun boğaz muayenelerinde herhangi bir patoloji saptanmayan gönüllüler dahil edilmiştir. Egzersize yanıtta cinsiyete bağlı gözlenecek olası farklılıkların sonucu etkileyebileceği varsayılarak, sadece erkek denekler kullanılmıştır. Sistemik hastalığı, burun travması, daha önce geçirilmiş nazal cerrahi veya topikal burun damlası, topikal ya da sistemik steroid kullanımı öyküsü bulunan hastalar çalışmaya alınmamıştır. Egzersiz sırasında ritm bozukluğu oluşan 1 hasta çalışma dışı bırakılmıştır. Obez insanların genel olarak beklenenden daha düşük miktarda oksijen tüketmeleri nedeniyle çalışmaya hiçbir obez (*Body Mass Index* > 30) denek alınmamıştır.

Tüm hastalara çalışma hakkında detaylı bilgi verilmiş, bilgilendirme ve gönüllü denek onay formu imzalatılmıştır. Gönüllü deneklerin tümünün egzersiz öncesi kalp hızları ve arteriel kan basınçları ölçülmüştür.

3.2 Egzersiz Kapasitesinin Belirlenmesi

Başkent Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Tedavi Ünitesinde deneklerin egzersiz kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla, koşu bandında (TEPA TM-PRO 2000) yaşa bağımlı beklenen maksimum kalp hızlarının önce %60-70'ine, ardından da koşu bandının hızı ve eğimi artırılarak %70-80'ine ulaşacak şekilde egzersiz yaptırılmıştır. Bu şekilde kişiye özel egzersiz şiddetinin belirlenmesinden sonra deney maksatlı testlere geçilmiştir. Deneklerin yaşa bağımlı beklenen maksimum kalp hızlarının %60-70'ine ulaşacak şekilde yapılan egzersiz "hafif egzersiz", %70-80'ine ulaşacak şekilde yapılan egzersiz ise "ağır egzersiz" olarak nitelendirilmiştir.



Şekil 3.1. Egzersiz protokolleri sırasında kullanılan koşu bandı

3.3 Egzersiz Protokolleri ve Akustik Rinometri Ölçümleri

Deneklere Başkent Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Tedavi Ünitesinde kendi egzersiz kapasitelerine göre 5 dk süreli hafif egzersiz, 5 dk süreli ağır egzersiz ve 10 dk süreli ağır egzersiz olmak üzere 3 farklı protokol uygulanmıştır. Egzersiz kapasitesi belirlenirken ve egzersiz protokolleri uygulanırken gelişebilecek bir kardiyopulmoner arrest olasılığına karşı tedbir alınmış, resüsitasyon ekipmanı hazır bulundurulmuştur.

AR ölçümleri her egzersiz protokolü için birbirini takip eden günlerde aynı deneyimli personel tarafından yapılmıştır. Ölçüm öncesi denekler egzersizin yapılacağı salonda en az 15 dk bekletilmiş, egzersiz ve ölçümlerin tümünün aynı ortam ve mevsimde yapılmasına ve ölçüm yapılan değişik günlerde ortam sıcaklığı farklarının 2⁰C'yi geçmemesine özen gösterilmiştir. AR'nin çevre gürültü düzeyinden etkilenebileceğinden yola çıkılarak, ölçümler gürültü düzeyinin düşük olduğu bir ortamda yapılmıştır. Ölçüm öncesi AR'nin (Rhinometrics – RhinoScan v2.6, Interacoustics, USA) burun probunun ucuna akustik kaçağı önlemek için jel (Contact Jel, Medikim AŞ, İstanbul) sürülmüş, ölçümler esnasında

probun burun anatomisini bozmayacak şekilde yerleştirilmesine özen gösterilmiştir. Ölçümler yapılırken deneklere nefeslerini tutmaları ve yutkunmamaları söylenmiştir. AR ölçümleri en az dört defa tekrarlanarak elde edilen alan uzaklık eğrilerinin ortalaması alınmış, ortalama alan uzaklık eğrisinin altında kalan alan kullanılarak 0-5.5 cm arası nazal kavite hacmi hesaplanmıştır.



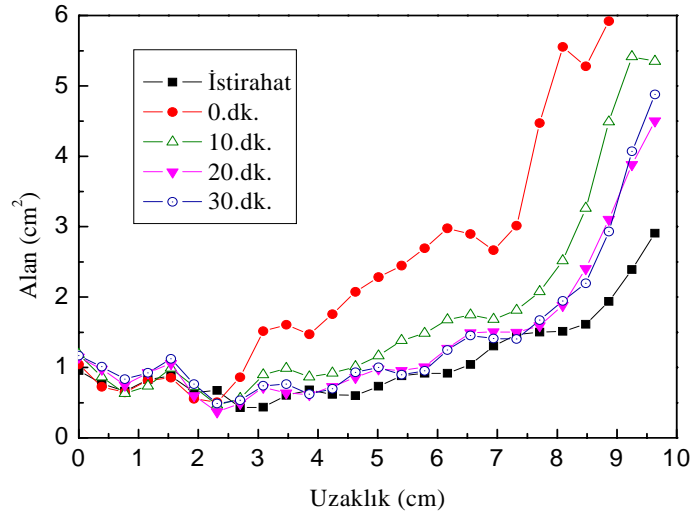
Şekil 3.2. Akustik rinometri cihazı

Öncelikle istirahat sırasındaki nazal hacmi tespit etmek için egzersiz öncesi AR ölçümü yapılmış, ardından deneklere 3 farklı izotonik aerobik egzersiz protokolü uygulanmıştır:

1. Kısa süreli (5 dk) düşük şiddetli egzersiz: Deneklere yaklaşık 2 dk süren bir ısınma süresinin ardından, 5dk süreyle, kalp hızlarını maksimum kalp hızının %60-70'i kadar artıracak koşu bandı egzersizi uygulanmıştır.
2. Kısa süreli (5 dk) ağır egzersiz: Deneklere önceki testi takip eden günde, kısa süreli bir ısınmanın ardından koşu bandında maksimum kalp hızlarını %70-80 artıracak şiddette 5 dk'lık egzersiz yaptırılmıştır.
3. Uzun süreli (10 dk) ağır egzersiz: Deneklere bir sonraki gün kısa süreli bir ısınmanın ardından, kalp hızlarını % 70-80 oranında artıracak şekilde 10 dk süreyle koşu bandı egzersizi uygulanmıştır.

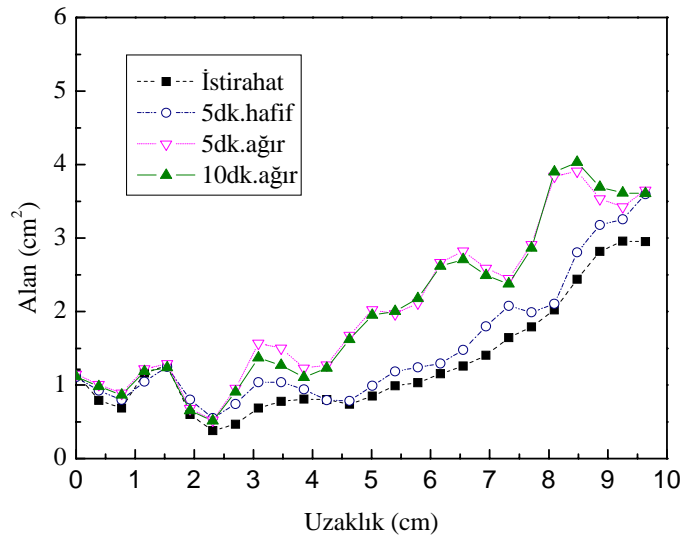
Her egzersiz sonrası deneklere 2'şer dakikalık soğuma periyodu uygulanmıştır.

AR ölçümleri her egzersiz sonrası 0., 10., 20., ve 30. dakikalarda tekrarlanarak, nostrilden 5.5 cm uzaklığa kadar olan nazal pasaj hacimleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. 10 dk ağır egzersizden sonra bir deneğin sağ nazal pasaj AR ölçümleri

Egzersiz öncesinde (istirahat halinde iken) ve uzun süreli (10 dk) ağır egzersiz sonrası 0., 10., 20. ve 30. dakikalarda yapılan AR ölçümlerinde bir deneğin sağ nazal pasaj kesit alanlarındaki değişim izlenmektedir.



Şekil 3.4. 3 farklı egzersiz protokolü uygulanmış bir deneğin, egzersizden hemen sonra (0. dk) sağ nazal pasaj AR ölçümleri

Egzersiz öncesinde (istirahat halinde iken) ve 5 dk hafif, 5dk ağır ve 10 dk ağır egzersizin hemen sonrasında (0. dk) yapılan AR ölçümlerinde bir deneğin sağ nazal pasaj kesit alanlarındaki değişimler izlenmektedir.

Nazal siklusun olası etkisini önlemek ve daha sağlıklı değerlendirme yapabilmek amacıyla istatistiksel analizde toplam (sağ+sol) nazal pasaj (nostrilden maksiler sinüs ostiumuna kadar, 0-5.5 cm'ye ait) hacimleri kullanılmıştır. Tüm testlerde her bireyin sağ ve sol nazal pasaj hacimleri ayrı ayrı ölçülmüş, toplam nazal pasaj hacmini hesaplamak için bu iki değer toplanmıştır. İstirahat sırasında ve 3 farklı egzersiz protokolü sonrası 0., 10., 20. ve 30. dakikalarda yapılan ölçümlerde elde edilen toplam nazal pasaj hacimlerinin ortalaması ayrı ayrı hesaplanmıştır. İstirahattaki ortalama toplam nazal pasaj hacmi, her bir farklı egzersiz protokolü sonrası 0., 10., 20. ve 30. dakikalardaki hacimlerle karşılaştırılarak egzersizin nazal pasaj hacminde oluşturduğu farkın anlamlı olup olmadığı araştırılmıştır. Anlamlı fark olduğu takdirde bu farkın ne zaman ortadan kalktığı anlaşılmaya çalışılmıştır.

Kısa süreli (5 dk) hafif egzersiz, kısa süreli (5 dk) ağır egzersiz ve uzun süreli (10 dk) ağır egzersizlerden hemen sonraki (0.dk) ortalama toplam nazal pasaj hacimleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Kısa süreli hafif egzersiz, kısa süreli ağır egzersiz ve uzun süreli ağır egzersizler sonrası 10. dk'daki ortalama hacimler birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Kısa süreli hafif egzersiz, kısa süreli ağır egzersiz ve uzun süreli ağır egzersizler sonrası 20. dk'daki ortalama hacimler birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Kısa süreli hafif egzersiz, kısa süreli ağır egzersiz ve uzun süreli ağır egzersizler sonrası 30. dk'daki ortalama hacimler birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Yukarıda belirtilen karşılaştırmalar yapılarak egzersiz şiddeti ve süresindeki artışın nazal yanıtı etkisi araştırılmıştır.

3.4 İstatistiksel Analiz

Veriler incelendiğinde değişkenlerin hepsinin dağılımının normal, varyanslarının homojen olduğu görülmüştür. Normal dağılıma uyum için Shapiro-Wilk testi, varyansların homojenlik kontrolü için de Levene testi kullanılmıştır. Veriler normal dağılım gösterdiğinden ve varyansların da homojen olduğu görüldüğünden Tekrarlı Ölçümler Varyans Analizi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar ortalama±standart hata olarak ifade edilmiştir. $p<0.05$ düzeyi istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Veri seti SPSS 13.0 istatistik paket programı ile analiz edilmiştir.

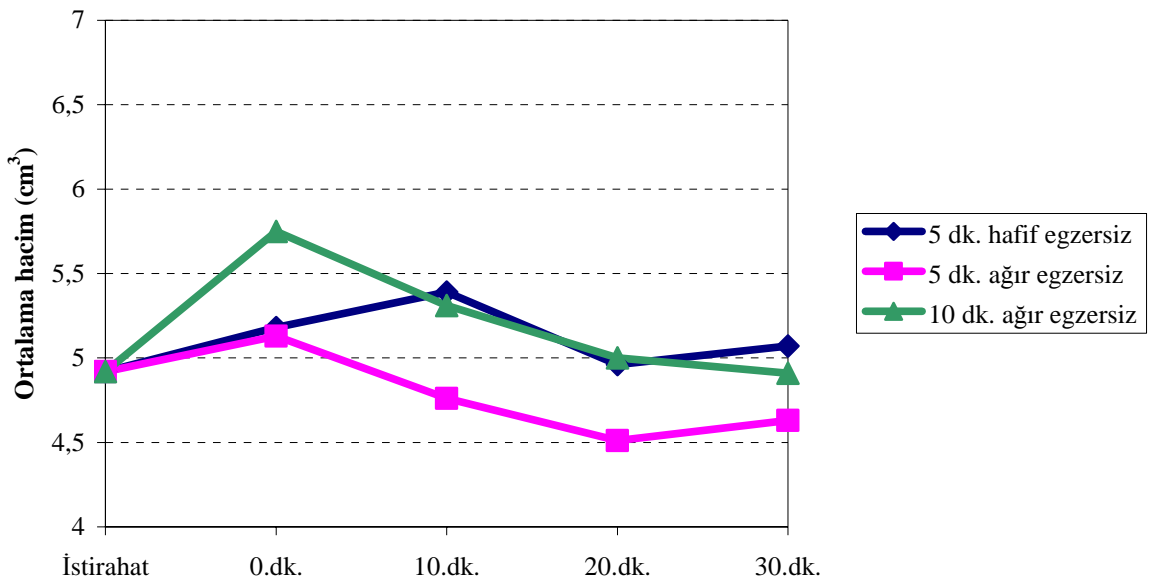
4. BULGULAR

Çalışmaya yaşları 27-32 arasında değişen 10 gönüllü erkek denek dahil edilmiştir. Yaş ortalaması 29.6 ± 1.5 idi. Deneklerin istirahat sırasındaki nazal pasaj hacimleri 8.34 ile 12.36 cm^3 arası değişiyordu. Deneklerin 3 farklı egzersiz protokolü için istirahatteki ve egzersiz sonrası 0., 10., 20. ve 30. dakikalardaki ortalama sağ ve sol nazal pasaj hacimleri Tablo 4.1, Şekil 4.1 ile Tablo 4.2, Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sağ nazal pasaj için tüm egzersiz protokollerinde istirahat ve egzersiz sonrası ortalama hacim değerleri

Tablodaki birimler ortalama hacim değerleri \pm standart hata (cm^3) şeklinde ifade edilmiştir.

Egzersiz protokolü	İstirahat	Egzersiz sonrası 0. dk	Egzersiz sonrası 10. dk	Egzersiz sonrası 20. dk	Egzersiz sonrası 30. dk
5 dk hafif Egzersiz	4.92 \pm 0.49	5.18 \pm 0.47	5.39 \pm 0.46	4.96 \pm 0.38	5.07 \pm 0.37
5 dk ağır Egzersiz	4.92 \pm 0.49	5.13 \pm 0.48	4.76 \pm 0.58	4.51 \pm 0.54	4.63 \pm 0.53
10 dk ağır egzersiz	4.92 \pm 0.49	5.75 \pm 0.50	5.31 \pm 0.37	5.00 \pm 0.43	4.91 \pm 0.45

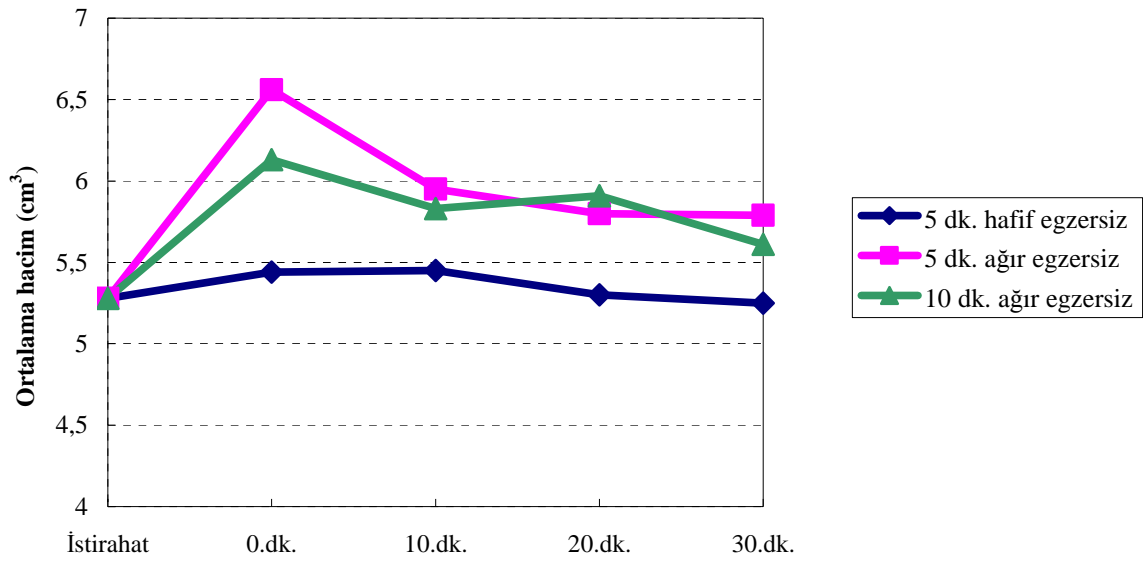


Şekil 4.1. Sağ pasaj ortalama hacminde egzersizle gözlenen değişimler

Tablo 4.2. Sol nazal pasaj için tüm egzersiz protokollerinde istirahat ve egzersiz sonrası ortalama hacim değerleri

Tablodaki birimler ortalama hacim değerleri \pm standart hata (cm^3) şeklinde ifade edilmiştir.

Egzersiz protokolü	İstirahat	Egzersiz sonrası 0. dk	Egzersiz sonrası 10. dk	Egzersiz sonrası 20. dk	Egzersiz sonrası 30. dk
5 dk hafif egzersiz	5.28 \pm 0.36	5.44 \pm 0.32	5.45 \pm 0.48	5.30 \pm 0.49	5.25 \pm 0.50
5 dk ağır egzersiz	5.28 \pm 0.36	6.56 \pm 0.35	5.95 \pm 0.40	5.80 \pm 0.31	5.79 \pm 0.35
10 dk ağır egzersiz	5.28 \pm 0.36	6.13 \pm 0.38	5.83 \pm 0.38	5.91 \pm 0.39	5.61 \pm 0.39



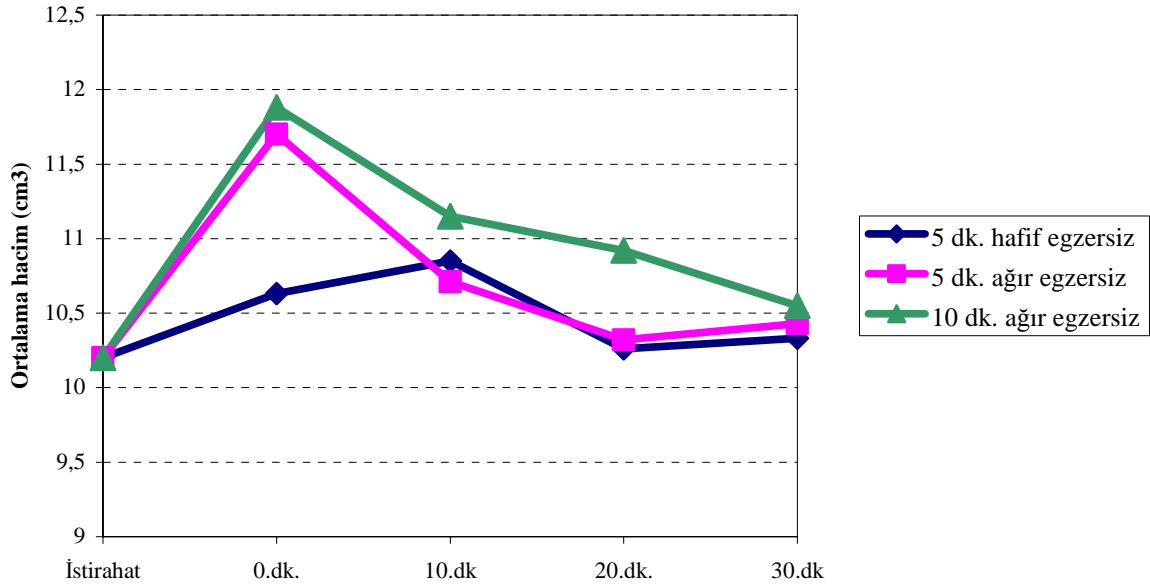
Şekil 4.2. Sol pasaj ortalama hacminde egzersizle gözlenen değişimler

Ortalama toplam nazal pasaj hacimlerdeki değişiklikler Tablo 4.3 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Tüm egzersiz protokollerinde istirahat ve egzersiz sonrası ortalama toplam nazal pasaj hacimleri

Tablodaki birimler ortalama hacim değerleri \pm standart hata (cm^3) şeklinde ifade edilmiştir.

Egzersiz protokolü	İstirahat	Egzersiz sonrası 0. dk	Egzersiz sonrası 10. dk	Egzersiz sonrası 20. dk	Egzersiz sonrası 30. dk
5 dk hafif egzersiz	10.20 \pm 0.40	10.63 \pm 0.39	10.85 \pm 0.40	10.26 \pm 0.40	10.33 \pm 0.33
5 dk ağır egzersiz	10.20 \pm 0.40	11.70 \pm 0.48	10.71 \pm 0.32	10.32 \pm 0.31	10.43 \pm 0.40
10 dk ağır egzersiz	10.20 \pm 0.40	11.88 \pm 0.52	11.15 \pm 0.37	10.92 \pm 0.26	10.55 \pm 0.34



Şekil 4.3. Toplam (sağ+sol) pasaj ortalama hacminde egzersizle gözlenen değişiklikler

İstirahattaki ortalama toplam nazal pasaj hacimleri, egzersiz sonrasındaki ortalama toplam nazal pasaj hacimleri ile karşılaştırıldığında, her üç egzersiz protokolü için de istirahat ile egzersiz sonrası 0. dk nazal pasaj hacimleri ve istirahat ile egzersiz sonrası 10. dk nazal pasaj hacimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.001$) bulunmuştur (Tablo 4.3). Buna karşılık, istirahat ile egzersiz sonrası 20. dk ve istirahat ile egzersiz sonrası 30. dk nazal pasaj hacimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.3).

Tüm egzersiz protokollerinden hemen sonraki (0. dk) nazal pasaj hacimleri ile 10. dk, 20. dk ve 30. dk nazal pasaj hacimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.3).

5 dk hafif, 5 dk ağır ve 10 dk ağır egzersizden hemen sonra (0. dk) ortalama toplam nazal pasaj hacimleri karşılaştırıldığında, aralarındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$) (Tablo 4.3).

5 dk hafif, 5dk ağır ve 10 dk ağır egzersiz sonrası 10. dk'daki nazal hacimler arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$) (Tablo 4.3).

5 dk hafif, 5 dk ağır ve 10 dk ağır egzersiz sonrası 20. dk'daki nazal hacimler arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$) (Tablo 4.3).

5 dk hafif, 5 dk ağır ve 10 dk ağır egzersiz sonrası 30. dk'daki nazal hacimler arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$) (Tablo 4.3).

5. TARTIŞMA

Nazal hava yolu direncini yaş, çevre ısı, vücut postürü, ilaçlar, hiperventilasyon, burun mukozasındaki inflamatuvar süreçler, hormonal faktörler ve egzersiz gibi birçok faktörün etkilediği bilinmektedir (36). Solunum sistemi, vücutta egzersiz sonrası değişikliklerin en belirgin olarak gözlemlendiği sistemlerdendir. Solunum sisteminde egzersizin etkisi yoğun olarak, hava yolu direncinin en fazla (toplam hava yolu direncinin %50-60'ı) olduğu bölge olan burunda gerçekleşir. Hava yolu direncinin oluşmasındaki mekanizmalardan biri burun mukozasında sempatik ve parasempatik aktivasyon sonucu meydana gelen vasküler doku değişimleridir.

Egzersiz sırasında nazal mukozanın kapasitans damarlarındaki α adrenerjik reseptörlerin stimülasyonu sonucu nazal hava yolu direnci azalır. Egzersizin nazal solunuma etkisini belirleyen diğer olası faktörler ise, alae nazi kası aktivitesi, artmış burun hava akımı, kanın nazal mukozadan iskelet kaslarına doğru pasif dağılımı, hiperventilasyon ve endojen nöropeptid Y salınımıdır (4,11). Nöropeptid Y (NPY), noradrenalin ile birlikte perivasküler sempatik sinirde bulunan bir vazokonstriktördür (11). Şiddetli fizik egzersizde katekolaminlerle beraber NPY salındığı gösterilmiştir (54). NPY'nin egzersiz sonrası nazal direncin uzun süre düşük kalmasından sorumlu olabileceği belirtilmiştir (11).

Olson ve Strohl (4), deneklere hem dik, hem de supin pozisyonda bisiklet ergometriyle egzersiz yaptırarak egzersizle oluşan nazal yanıtın, kanın burun mukozasındaki kapasitans damarlardan iskelet kası ve derinin damarlarına doğru pasif yönelmesine bağlı gelişip gelişmediğini araştırmışlardır. Posterior rinometriyle yaptıkları ölçümlerde her iki pozisyonda da benzer yanıtlar elde etmişlerdir. Yazarlara göre egzersizin nazal dirence etkisinden sorumlu temel mekanizma, nazal mukozadaki sempatik vazokonstriksiyondur. Buna karşılık %1'lik topikal fenilefrin uyguladıktan sonra dik konumda egzersizi yinelediklerinde, beklenen yanıtın gerçekleşmediğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca dik pozisyonda yapılan egzersiz sırasında deneklerin önce sadece burundan, daha sonra sadece ağızdan nefes almalarını sağlayarak ölçümlerini tekrarlayan yazarlar, nazal pasaj dirençlerinin her iki durumda da yaklaşık olarak aynı ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Nazal yanıtın burun ya da ağız solunumuna bağlı olmadan gerçekleşmesi ve ağız solunumunda da benzer etkinin gözlenmesi nedeniyle, nazal yanıtın lokal reflekslerin kontrolünde gelişmediğini belirtmişlerdir. Yazarlar ayrıca dik pozisyonda yapılan izokapnik

hiperventilasyon ile nazal dirençte anlamlı bir değişme kaydetmemişler ve böylelikle nazal yanıtın hiperventilasyondan da bağımsız olduğunu göstermişlerdir(4).

Spesifik hastalık durumlarında üst ve alt solunum yollarının egzersize yanıtın oluşma mekanizmaları çeşitli hava yolu direnç ölçümü çalışmalarıyla araştırılmıştır (8,9,10,12,37). Konno ve ark. (10), sağlıklı ve alerjik rinitli bireylerde egzersizin nazal havayolu açıklığını belirgin oranda arttırdığını, nazal mukozadaki dekonjesyon düzeyinin ise serum norepinefrin seviyeleriyle paralellik gösterdiğini bulmuşlardır. Egzersiz sırasındaki hiperventilasyonun, nazal mukoza sıcaklığını azaltarak mukozadaki kapasitans damarlarda dilatasyon oluşturması beklenmektedir. Ancak aynı çalışmada, dilatör etkinin egzersiz sırasındaki artmış sempatik aktivite tarafından baskılandığı, vazokonstriksiyona sekonder mukozal dekonjesyon geliştiği bildirilmiştir. Alerjik rinitlilerin nazal mukozalarında, antijenik stimülasyonu takiben yaptırılan egzersiz sonrası, sağlıklı bireylerin nazal mukozalarına göre daha az yanıt geliştiği bildirilmiştir (10). Konno ve arkadaşları sonraki çalışmalarında (55), alerjik rinitte muskarinik kolinerjik reseptör miktarında artış, $\alpha 1$ ve β adrenerjik reseptör miktarında ise azalma tespit etmişlerdir. Strohl ve ark. (9), rinomanometri kullanarak yaptıkları çalışmada, nazal yanıtın ağızdan inspire edilen havanın sıcaklığı ve neminden etkilenmediğini ve bronşial yanıtın bağımsız olarak gerçekleştiğini ileri sürmüşlerdir.

Serra-Battles ve ark. (8), sağlıklı, sadece astımlı, sadece rinitli, astımlı ve rinitli 4 grup denek kullandıkları çalışmalarında deneklere, beklenen maksimum kalp hızlarının %80'ine ulaşacak şekilde egzersiz yaptırmışlardır. Yazarlar, posterior rinomanometreyle her 4 grupta da egzersiz sonrası nazal pasaj açıklığının yaklaşık olarak aynı oranda arttığını tespit etmişlerdir. Nazal pasaj açıklığındaki bu artışın, egzersiz tamamlandıktan 25 dk sonra tüm gruplarda istirahat seviyelerine indiği, ancak egzersizle indüklenen astımı bulunan hastalarda nazal direncin daha belirgin oranlarda düştüğü bildirilmiştir. Yazarlar bu bulguyu koruyucu "bronkio-nazal refleks" mekanizması olarak açıklamış ve bu mekanizmanın alt solunum yollarında bir direnç artışı olduğunda, nazal direnci azaltma yönünde çalıştığını ileri sürmüşlerdir (8). Buna karşılık Syabbalo ve ark. (37), egzersizle bronkokonstriksiyon gelişen astımlılarda nazal dirençte gözlenen azalmanın, sağlıklı bireylerde gözlenene göre daha hızlı normale döndüğünü bildirmişlerdir. Yazarlar, hem sağlıklı bireylerde hem de astım veya riniti olanlarda egzersiz sonrası yaklaşık 20. dk'da başlayan, mekanizması bilinmeyen bir "rebound etkisi" tanımlamışlardır. Bu etkiye göre, egzersiz tamamlandıktan bir süre sonra nazal dirençte gözlenen düşmeyi yükselme takip etmektedir. Yazarlar,

rebound etkisinin hafif şiddette egzersizle ortaya çıktığını ve egzersiz şiddeti arttırıldığında görülemeyebileceğini vurgulamışlardır. Hasegawa ve ark. (12) da astımlı ve normal çocuklar üzerinde yaptıkları çalışmada, 30 astımlı çocuktan 9'unda egzersiz sonrası 14-19. dk'lar arasında egzersize bağımlı nazal obstrüksiyon geliştiğini belirlemiş, bunu da nazal mukoza damarlarında gelişen rebound etkisine bağlamışlardır.

Forsyth ve ark. (7), egzersizin başlangıcında dilatör nasi kasının kasılmasına bağılı olarak nazal dirençte ani ve kısa süreli bir düşüşün gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Ancak, takibinde daha yavaş ve progresif bir direnç azalması şeklinde gelişen asıl etkinin ise sempatik sinir deşarjına sekonder mukozal dekonjesyona bağılı olduğunu bildirmişlerdir. Aynı yazarlar, egzersize bağılı direnç değişimlerinin alae nasi immobilize edildiğinde de gerçekleştiğini, alar kasların temel görevlerinin vestibüler rijiditenin sağlanması ve alar kollapsın önlenmesi olduğunu belirtmişlerdir.

Cole ve arkadaşları (50) vazoaktif ajanların topikal uygulanması sonrası bilgisayarlı tomografi kullanarak yaptıkları bir çalışmada, burundaki erektil dokuların alt konkanın gövdesi, orta konka ve septumun orta konka ucunun önünde yer alan kısmı olmak üzere üç bölgede yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Ng ve arkadaşları, manyetik rezonans görüntüleme ile yaptıkları çalışmada bu bulguların doğruluğunu kısmen teyit ederek, erektil dokuların, en yoğun şekilde alt konkada bulunduğunu ve alt konkanın sadece orta kısmında değil, tüm uzunluğu boyunca yayıldığını bildirmişlerdir (51). Cankurtaran ve ark. (13) yaptıkları AR-bilgisayarlı tomografi karşılaştırmalı çalışmada, erektil dokuların nazal valvin hemen arkasından başlayıp koanaya kadar uzanan bölgede yerleşmiş olduğunu, nazal valv bölgesinde ise dekonjesyonu değerlendirecek miktarda erektil doku bulunmadığını göstermişlerdir.

Hava akımına karşı total nazal direncin yarısından fazlasını oluşturan ve solunum yolunun en dar bölgesi olan nazal valvdeki destek dokuların kaybı, inspirasyon sırasında kollapsa yol açarak nazal obstrüksiyon semptomlarının gelişmesine neden olur (23). Bu özellik nedeniyle, atletik performansı arttırmaya yönelik geliştirilen bazı gereçler nazal valvi genişletmeyi hedeflemektedir. Nazal valvi genişletmek için geliştirilen bir cihazın (breathe-right device) beyazlarda ve Afrika kökenli Amerikalı bireylerde etkinliğini akustik rinometri ve anterior rinomanometri kullanarak araştıran bir çalışmada, cihazın uygulanması ile deneklerin tümünün nazal valv kesit alanlarında, egzersizin etkisinden bağımsız olarak

%21'lik bir artış gözlenmiştir (14). Çalışmaya katılan tüm beyazlarda, nazal valv kesit alanlarındaki artış, beklendiği gibi, nazal dirençte fizyolojik bir azalmaya yol açmıştır. Afrika kökenli Amerikalılarda ise, direnç ölçüm değerlerinin grubun kendi içinde varyasyon gösterdiği, cihazın deneklerin bazılarında nazal dirençte azalmaya, diğerlerinde artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Bu durum ırklar arası ve bir ırkın bireyleri arasındaki anatomik farklılıklara bağlanmıştır. Ancak egzersizin net etkisi her iki grupta da (beyazlar ve Afrika kökenli Amerikalılar), nazal valvi genişleten cihazın etkisinden bağımsız olarak, mukozal erektil dokudan zengin bir bölge olan alt konkada gerçekleşmiştir (14).

Egzersiz sonrası oluşan nazal direnç değişikliklerini değerlendirmek için yapılan ölçümlerde, üst solunum yolu direncinin yarıdan fazlasını oluşturan nazal valve odaklanılmış olur. Oysa nazal valvde egzersizin dekonjesyon etkisini değerlendirecek miktarda erektil doku bulunmamaktadır (13). Egzersize bağlı değişimler en belirgin olarak mukozal erektil komponentin en yoğun olduğu bölge olan alt konkada gerçekleşir. Literatürde egzersizin nazal pasaj açıklığına olan etkisinin araştırıldığı çalışmaların çoğu temel olarak nazal pasaj direncini değerlendiren rinomanometri tekniği kullanılarak yapılmıştır. Ancak, nazal erektil dokunun yoğun olarak bulunduğu ve egzersizle dinamik değişimlerin olduğu bölgelerin değerlendirilmesi için rinomanometri yerine AR kullanmak daha sağlıklı bilgi verecektir. Literatürde bu konuya odaklanarak yapılmış az sayıda çalışma mevcuttur.

Jang ve ark. (17), AR ile septal deviasyonlu 10 kişide standart bir koşu bandı egzersizi sonrası 0., 10., 20., 30. dakikalarda nostrilden sonra 3.3, 4.0 ve 6.4 cm'lerdeki kesit alanlarını ölçmüşlerdir. Yazarlar egzersize en belirgin yanıtın nostrilden sonraki 4. cm'de elde edildiğini, bu bölgenin erektil doku komponentinin en yoğun bulunduğu bölge olan alt konkanın orta kısmına denk geldiğini belirtmişlerdir (17). Ayrıca, deviasyonun karşı tarafında egzersize bağlı oluşan yanıtın, deviasyon tarafına göre çok daha belirgin şekilde geliştiği saptanmıştır. Bu bulgu, deviasyonun karşı tarafındaki mukozanın hipertrofiye uğraması ve erektil dokuların artması, deviasyon tarafında ise erektil doku miktarının azalması ile açıklanabilir. Sempatik stimülasyona iki nazal kavitenin farklı yanıt vermesinin, kompensatuar hipertrofiye uğramış mukozanın adrenerjik ve kolinerjik reseptör hassasiyetinin değişmesinden de kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir (17).

Wilde ve ark. (15), AR ile izometrik egzersiz sonrası gelişen nazal yanıtı değerlendirmişlerdir. Yazarlar, sağ veya sol elle yapılan izometrik egzersiz sonrası egzersiz yapılan taraftaki nazal pasajda konjesyon, diğer tarafta ise dekonjesyon gözlendiğini saptamışlardır. Ancak yazarlar, izometrik egzersiz sonrası bilateral etkilenme beklenmesine rağmen, bir tarafta (ipsilateral) konjesyon diğer tarafta (kontralateral) dekonjesyon gözlenmesini, ipsilateral tarafta sempatik etkinin ortaya çıkmasını engelleyen olası bir lokal parasempatik refleks ile açıklamışlardır (15).

Nazal pasajın üç boyutlu dinamik bir yapıya sahip olması nedeniyle AR ile ölçülmüş kesit alanları dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler, nazal kavitedeki toplam erektil doku değişimini yansıtmaz. Egzersiz sonrası oluşan nazal yanıtın AR ile değerlendirilmesinde, alan uzaklık eğrisindeki minimaların, nazal valv haricinde hiçbir anatomik yapıyı (alt konka, orta konka, koana gibi) temsil etmediği de dikkate alındığında (13,19), belli bazı bölgelerdeki kesit alanı değişimleri yerine cihazın göreceli olarak doğru ölçüm yaptığı 0-5.5 cm arasındaki (nostrilden maksiler sinüs ostiumuna kadar olan) bölgenin hacim değerlerinin kullanılması daha sağlıklı bilgi verebilir (13,19-22). Ancak, literatürde sistemik hastalığı olmayan ve nazal patolojisi bulunmayan bireylerde AR ile egzersiz sonrası oluşan nazal pasaj hacim değişikliklerinin değerlendirildiği sadece 1 araştırma mevcuttur (18).

Fonseca ve ark. (18), 12'si erkek 7'si kadın 19 sağlıklı bireyde bisiklet ergometri sonrası 0-6 cm arasında oluşan nazal pasaj hacim değişimlerini AR ile değerlendirmişlerdir. Çalışmamızda, herhangi bir sistemik ya da kulak-burun-boğaz patolojisi olmayan sağlıklı bireylerde AR ile yapılan, nostrilden sonraki ilk 5.5 cm'lik bölgeye ait hacim ölçümlerinin analizi kullanılmıştır. Fonseca ve ark. (18), egzersizin süresini ve şiddetini değiştirerek 3 farklı (5 dk hafif, 5 dk ağır, 10 dk hafif) protokol uygulamışlar, egzersiz sonrası 0., 10. ve 20. dk'larda AR ile ölçüm yapmışlardır. Çalışmamızda ise, 5 dk hafif egzersiz, 5 dk ağır egzersiz ve 10 dk ağır egzersiz olmak üzere 3 farklı protokol uygulanmış, egzersiz sonrası 0., 10., 20., ve 30. dklarda AR ile ölçümler yapılmıştır. Fonseca ve arkadaşları (18), nazal pasaj hacimlerinde egzersiz sonrası hemen başlayıp 20 dk süren bir artış tespit etmiş, bu artışın egzersiz sonrası yalnızca 0. dk'da belirgin ve anlamlı olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşılık, Olson ve Strohl (4) rinomanometri kullanarak yaptıkları çalışmalarında, egzersiz sonrası nazal pasajda oluşan dekonjesyonun 30 dk süresince devam ettiğini belirtmişlerdir. Araştırmamızda, Fonseca ve ark.'nın (18) bulgularına benzer şekilde, egzersiz sonrası oluşan yanıtın 20 dk sürdüğü tespit edilmiştir. Fonseca ve arkadaşları egzersiz sonucu

oluşan nazal yanıtın, uygulanan egzersizin şiddetinden daha çok, süresinin artırılmasından etkilendiğini göstermişlerdir. Dallimore ve Eccles (1) ile Forsyth ve ark. (7) ise, nazal rezistans ölçümüne dayalı olarak yaptıkları çalışmalarında, egzersiz şiddetindeki artışın süresindeki artışa oranla daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda her 3 protokol sonrasında da, toplam nazal pasaj hacimlerinde artış saptanmış, egzersiz sonrası 0. ve 10. dk'lardaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak, egzersiz şiddetinin ya da süresinin arttırılmasının egzersizi takiben gelişen nazal kavite hacim artışına, dolayısıyla nazal yanıtın seyrine istatistiksel olarak anlamlı bir etki yapmadığı görülmüştür.

Anterior nazal kavite hacim değişiklikleri hakkında göreceli doğru bilgilerin elde edilebileceği bir teknik olan AR ile daha geniş bir populasyonda benzeri protokoller kullanılarak ileride yapılacak çalışmalar, literatürdeki egzersiz şiddeti ve süresinin nazal yanıtı etkisi ile ilgili mevcut çelişkilerin giderilmesine yardımcı olacaktır.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

- 1.** İzotonik fizik egzersiz sağlıklı bireylerin nazal pasaj hacimlerinde anlamlı değişimlere neden olur.
- 2.** Bu değişimler nazal pasaj hacimlerinde artış şeklindedir ve egzersiz sonrası hemen başlayıp 20 dakika kadar devam eder.
- 3.** Nazal pasaj hacmindeki artış egzersiz sonrası 0. ve 10. dakikalarda belirgin ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.01$ ve $p<0.01$).
- 4.** Egzersiz şiddetinin ya da süresinin artırılmasının nazal pasaj yanıtına anlamlı etkisi yoktur.
- 5.** Benzer çalışmaların daha geniş örnekleme tekrarlanması, literatürdeki egzersiz şiddeti ve süresinin nazal yanıt etkisi ile ilgili çelişkilerin giderilmesine yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Dallimore NS, Eccles R. Changes in human nasal resistance associated with exercise, hyperventilation and rebreathing. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 84: 416-421, 1977.
2. Richerson HB, Seebohm PM. Nasal airway response to exercise. *J. Allergy* 41: 269-284, 1968.
3. Paulsson BO, Bende M, Ohlin P. Nasal mucosal blood flow at rest and during exercise. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 99: 140-143, 1985.
4. Olson LG, Strohl KP. The response of the nasal airway to exercise. *Am. Rev. Respir. Dis.* 135: 356-359, 1987.
5. Hasegawa M, Kern EB. The effect of breath holding, hyperventilation and exercise on nasal resistance. *Rhinology* 16: 243-249, 1978.
6. Sakethkoo K, Kaplan I, Sackner MA. Effect of exercise on nasal mucous velocity and nasal airflow resistance in normal subjects. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 46 (2): 369-371, 1979.
7. Forsyth RD, Cole P, Shephard RJ. Exercise and nasal patency. *J. Appl. Physiol.* 55: 860-865, 1983.
8. Serra-Batlles J, Montserrat JM, Mullol J, Ballester E, Xaubet A, Picado C. Response of the nose to exercise in healthy subjects and in patients with rhinitis and asthma. *Thorax* 49: 128-132, 1994.
9. Strohl KP, Decker MJ, Olson L, Flak TA. The nasal response to exercise and exercise induced bronchoconstriction in normal and asthmatic subjects. *Thorax* 43: 890-895, 1988.
10. Konno A, Terada N, Okamoto Y, Togawa K. The effect of cold exposure and Exercise upon the nasal mucosal responses in nasal allergy. *Ann Allergy* 54: 50-59, 1985.
11. Lacroix JS, Correia F, Fathi M, Grauzmann E. Post exercise nasal vasoconstriction and hyporeactivity: Possible involvement of neuropeptide Y. *Acta Otolaryngol.* 117: 609-613, 1997.
12. Hasegawa M, Kabasawa Y, Ohki M, Watanabe I. Exercise induced change of nasal resistance in asthmatic children. *Otolaryngol. Head and Neck Surg.* 93(6): 772-776, 1985.
13. Cankurtaran M, Çelik H, Coşkun M, Hızal E, Çakmak Ö. Acoustic rhinometry in healthy humans: Accuracy of area estimates and ability to quantify certain anatomical structures in the nasal cavity. *Annals of Otology Rhinology Laryngology*'de değerlendirilmedi.

14. Portugal LG, Mehta RH, Smith BE, Sabnani JB, Matava JM. Objective assesment of the breathe-right device during exercise in adult males. *Am. J. Rhinol.* 11: 393-397, 1997.
15. Wilde AD, Cook JA, Jones AS. The nasal response to isometric exercise. *Clin. Otolaryngol.* 20: 345-347, 1995.
16. Valero A, Serrano C, Valera JL, Barbera A, Torrego A, Mullol J, Picado C. Nasal and bronchial response to exercise in patients with asthma and rhinitis. *Allergy.* 60: 1126-1131, 2005.
17. Jang YJ, Lee JH, Jang JH. Acoustic rhinometric evaluation of the nasal response to exercise in patients with nasal septal deviation. *Clin. Otolaryngol.* 25: 423-427, 2000.
18. Fonseca MT, Voegels RL, Pinto KMC. Evaluation of nasal volume before and after physical exercise. *Am. J. Rhinol.* 20: 269-273, 2006.
19. Çakmak Ö, Tarhan E, Coşkun M, Cankurtaran M, Çelik H. Acoustic rhinometry: accuracy and ability to detect changes in passage area at different locations in the nasal cavity. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 114(12): 949-957, 2005.
20. Çakmak Ö, Çelik H, Cankurtaran M, Büyüklü F, Özgirgin N, Özlüoğlu LN. Effects of paranasal sinüs ostia and volume on acoustic rhinometry measurements: A model study. *J. Appl. Physiol.* 94: 1527-1535, 2003.
21. Çakmak Ö, Çelik H, Cankurtaran M, Özlüoğlu LN. Effects of anatomical variations of the nasal cavity on acoustic rhinometry measurements: A model study. *Am. J. Rhinol.* 19(3): 262-268, 2005.
22. Tarhan E, Coşkun M, Çakmak Ö, Çelik H, Cankurtaran M. Acoustic rhinometry in humans: Accuracy of nasal passage area estimates and ability to quantify paranasal sinus volume and size. *J. Appl. Physiol.* 99: 616-623, 2005.
23. Çakmak Ö, Genç E, Ergin T. Nazal Valv. *KBB Klinikleri* 3: 164-168, 2001.
24. Knops JL, McCaffrey TV, Kern EB. Inflammatory diseases of the sinuses: physiology. Clinical applications. *Otolaryngol. Clin. North. Am.* 26: 517-534, 1993.
25. Courtiss EH, Goldwyn RM. The effects of nasal surgery on airflow. *Plast. Reconstr. Surg.* 72: 9-21, 1983.
26. Kasperbauer JL, Kern EB. Nasal valve physiology. Implications in nasal surgery. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 20: 699-719, 1987.
27. Kern EB. Surgical approaches to abnormalities of the nasal valve. *Rhinology* 16: 165-189, 1978.

28. Bridger GP. Physiology of the nasal valve. Arch. Otolaryngol. 92: 543-553, 1970.
29. Bruintjes TD, van Olphen AF, Hillen B, Huizing EH. A functional anatomic study of the relationship of the nasal cartilages and muscles to the nasal valve area. Laryngoscope 108: 1025-1032, 1998.
30. Haight JS, Cole P. The site and function of the nasal valve. Laryngoscope 93: 49-55, 1983.
31. Broker BJ, Berman WE. Nasal valve obstruction complicating rhinoplasty: prevention and treatment. Part 1. Ear Nose Throat J. 76: 77-78, 1997.
32. Toriumi DM, Josen J, Weinberger M, Tardy ME Jr. Use of alar batten grafts for correction of nasal valve collapse. Arch. Otolaryngol. Head and Neck Surg. 123: 802-808, 1997.
33. Stoksted P. The physiologic cycle of the nose under normal and pathologic conditions. Acta Otolaryngol.(Stockh.) 42: 175-179, 1952.
34. Beickert P. Halbseitenrhythmus der vegetativen innervation. Arch. Ohren Nasen Kehlkopfheilkd. 157: 404-409, 1951.
35. Ballenger JJ, Snow JB Jr. Nasal Physiology in Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery. Fifteenth edition, Philadelphia, Williams & Wilkins, 1996.
36. Bussieres M, Perussel L, Leclerc JE. Effect of regular physical exercise on resting nasal resistance. J Otolaryngol. 29: 265-269, 2000.
37. Syabbalo NC, Bundgaard A, Widdicombe JG. Effect of exercise on nasal airflow resistance in healthy subjects and in patients with asthma and rhinitis. Bull. Eur. Physiopathol. Respir. 21: 507-513, 1985.
38. Hilberg O, Jackson AC, Swift DL, Pedersen OF. Acoustic rhinometry; Evaluation of nasal cavity geometry by acoustic rhinometry. J. Appl. Physiol. 66: 295-303, 1989
39. Çakmak Ö, Özlüoğlu L, Çelik H. Akustik rinometri: Çalışma prensibi; hata kaynakları ve bazı öneriler. Kulak Burun Boğaz Baş-Boyun Cerrahisi Dergisi 1: 16-19, 2002.
40. Hamilton JW, McRae RDR, Jones AS. The magnitude of errors in acoustic Rhinometry and reinterpretation of the acoustic profile. Clin. Otolaryngol. 22:408-413, 1997.
41. Çakmak Ö, Çelik H, Ergin T, Sennaroğlu L. Accuracy of acoustic rhinometry measurements. Laryngoscope 111: 587-594, 2001.
42. Fisher EW, Morris DP, Biemans JMA, Palmer CR, Lund VJ. Practical aspects of acoustic rhinometry. Problems and solutions. Rhinology 33: 219-223, 1995.

43. Fisher EW, Acoustic rhinometry. *Clin. Otolaryngol.* 22: 307-317, 1997.
44. Millqvist E, Bende M. Reference values for acoustic rhinometry in subjects without nasal symptoms. *Am. J. Rhinol.* 12:341-343, 1998.
45. Sondhi MM, Gopinach B. Determination of vocal tract shape from impulse responding at the lips. *J. Acoust. Soc. Am.* 49: 291-299, 1971.
46. Çakmak Ö, Coşkun M, Çelik H, Büyüklü F, Özlüoğlu LN. Value of acoustic rhinometry for measuring nasal valve area. *Laryngoscope.* 113: 295-302, 2003.
47. Cankurtaran M, Çelik H, Çakmak Ö, Özlüoğlu LN. Effects of the nasal valve on acoustic rhinometry measurements: A model study. *J. Appl. Physiol.* 94: 2166-2172, 2003.
48. Çelik H, Cankurtaran M, Çakmak Ö. Acoustic rhinometry measurements in stepped-tube models of the nasal cavity. *Physics in Medicine and Biology* 49: 371-386, 2004.
49. Hilberg O, Pedersen OF. Acoustic rhinometry: Influence of paranasal sinuses. *J. Appl. Physiol.* 80: 1589-1594, 1996.
50. Cole P, Haight JS, Cooper PW, Kassel EE. A computed tomographic study of the nasal mucosa: Effects of vasoactive substances. *J. Otolaryngol.* 12: 58-60, 1983.
51. Ng BA, Ramsey RG, Corey JP. The distribution of nasal erectile mucosa as visualized by magnetic resonance imaging. *Ear Nose & Throat Journal.* 78(3): 159-166, 1999.
52. Malm L. Resistance and capacitance vessels in the nasal mucosa. *Rhinology* 13: 84-89, 1975.
53. Andersson KE, Bende M. The role of adrenoceptors in the control of human nasal mucosal blood flow. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 93: 179-182, 1984
54. Pernow J, Lundberg JM, Kaijser L, Hjemdahl P, Theodorsson-Norheim E, Martinsson A, Pernow B. Plasma neuropeptide Y-like immunoreactivity and catecholamines during various degrees of sympathetic activation in man. *Clin. Physiol.* 6: 561-578, 1986.
55. Konno A, Terada N, Okamoto Y. Changes of adrenergic and muscarinic cholinergic receptors in nasal mucosa in nasal allergy. *ORL* 49: 103-111, 1987.