



**T. C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
DİŞHEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ
ANABİLİM DALI**

**RAPİD MAKSİLLER EKSPANSİYON İLE
KARDİYOPULMONER SİSTEMDE MEYDANA GELEN
DEĞİŞİKLİKLERİN ERGOSPIROMETRİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Berna ZORKUN

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Cenk DORUK

SİVAS

2012

**RAPİD MAKSİLLER EKSPANSİYON İLE
KARDİYOPULMONER SİSTEMDE MEYDANA GELEN
DEĞİŞİKLİKLERİN ERGOSPIROMETRİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Berna ZORKUN

**Cumhuriyet Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü**

Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Ortodonti Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

DOKTORA TEZİ

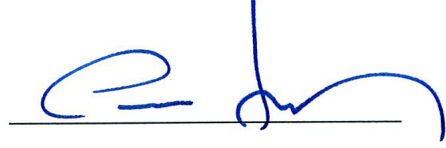
Olarak Hazırlanmıştır.

SİVAS

2012

Bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Ortodonti Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman) Prof. Dr. Cenk DORUK



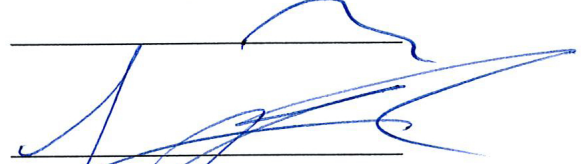
Üye Doç. Dr Hasan Babacan



Üye Doç. Dr. A. Altuğ Bıçakçı



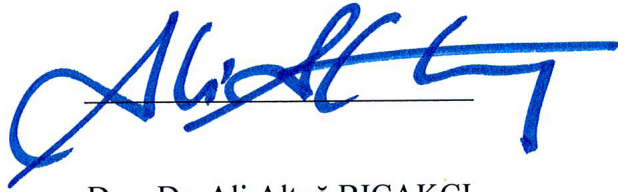
Üye Doç. Dr. Hüseyin Köşger



Üye Yrd. Doç. Dr. Fırat Öztürk

ONAY

Bu tez çalışması, 24/07/ 2012 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Ali Altuğ BİÇAKÇI
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Aileme...

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun **24.09.2008** tarihli ve **007** sayılı toplantısında kabul edilen Fen / Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Ortodonti eğitimim ve çalışmalarım sırasındaki her türlü yardım ve destek çabalarından dolayı başta tez danışmanım Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Cenk Doruk olmak üzere, anabilim dalımızın değerli öğretim üyeleri Sayın Doç. Dr. Hasan Babacan ve Sayın Doç. Dr. A. Altuğ Bıçakçı'ya,

Tez çalışmamın, fizyoloji açısından değerlendirilmesinde değerli bilgilerini benimle paylaşan Sayın Yrd. Doç. Dr. Uğur Dal'a, istatistiksel değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Ziyet Çınar'a,

Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı çalışanlarına,

Çalışmam sırasında gösterdikleri yakın ilgi, teknik bilgi ve destekleri için Teknikel ekibine,

Karşılaştığım her zorlukta varlığını hissettiğim, başta canım annem olmak üzere aileme,

Sabrı, anlayışı, sevgisi ve desteğiyle çok uzaklardayken bile yanımda olan eşime,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

RAPİD MAKSİLLER EKSPANSİYON İLE KARDİYOPULMONER SİSTEMDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLERİN ERGOSPİROMETRİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Berna ZORKUN
Doktora Tezi, Ortodonti Anabilim Dalı
Danışman Prof. Dr. Cenk DORUK
2012, 128 sayfa

Rapid maksiller ekspansiyon (RME) üst çene darlığını düzeltmek için yaygın olarak kullanılan bir tedavi yöntemidir. RME'nin nazal kavite genişliğini arttırarak nazal havayolu direnci azalttığı ve bunun sonucunda burun solunumunda düzelme sağladığı bilinmektedir. Solunumdaki bu iyileşmenin fiziksel gelişmeyi, atletik performansı ve genel sağlığı düzelttiği çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir. Kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET), hücrenel, kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin kontrollü metabolik stres altında aynı anda incelenmesine imkan veren bir değerlendirme yöntemidir. Egzersizde kasın artmış enerji ihtiyacı, kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin bir arada etkileşim içinde çalışması ile sağlanır.

Çalışmamızın amacı, iskeletsel maksiller darlık gösteren bireylerde RME ile nazal kavite genişliğindeki artışın ve burun solunumunda meydana gelen düzelmenin kardiyopulmoner sistemi nasıl etkilediğini araştırmaktır.

Tedavi grubu, iskeletsel üst çene darlığına sahip, ortalama yaşları 13.25 ± 0.77 yıl olan 9 kız ve 7 erkek toplam 16 hastadan, kontrol grubu da iskeletsel üst çene darlığına sahip, ortalama yaşları 13.00 ± 1.03 yıl olan 8 kız ve 6 erkek toplam 14 hastadan oluşmuştur. Tedavi grubuna RME ve KPET, kontrol grubuna ise sadece KPET uygulanmıştır. Ölçümler tedavi başı, ekspansiyon sonu ve pekiştirme sonunda alınmıştır. İstatistiksel değerlendirmede, gruplar arası değişimlerin karşılaştırılması için Mann-Whitney U Testi, grup içi değişimlerin karşılaştırılması için Friedman Testi kullanılmıştır.

RME ile tedavi grubundaki tüm hastalarda yeterli ekspansiyon sağlanmış ve nazal kavite genişliğinde önemli bir artış elde edilmiştir ($p<0.05$). KPET değerlendirmesinde, ulaşılan en yüksek oksijen tüketim miktarı ($VO_{2\text{pik}}$) yönünden gruplar arasında ve tekrarlayan ölçümlerde önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). İş yükü (W) açısından grup içi karşılaştırmalarda, tedavi grubunda hem erkeklerde hem de kızlarda, kontrol grubunda ise sadece erkeklerde önemli bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). Respiratuar parametrelerde (VE, VT, VE/ VO_2 , Sf, Ti, Te, VD/VT) tedavi grubu ile kontrol grubu arasındaki fark önemsizdir. Doppler ekokardiyografik ölçümlerde, ortalama pulmoner arter basıncı ve sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu değerleri yönünden grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarda önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çalışmamızın verileri; RME ile nazal kavite genişliğinde önemli bir artış olmasına rağmen RME'nin aerobik atletik performansta değişikliğe neden olmadığını ve kardiyopulmoner sistem üzerinde bir etkisinin bulunmadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Maksiller Darlık, Rapid Maksiller Ekspansiyon, Ergospirometri, Kardiyopulmoner Egzersiz Testi.

ABSTRACT

EVALUATIONS OF RAPID MAXILLARY EXPANSION RELATED CHANGES ON CARDIOPULMONARY SYSTEM WITH ERGOSPIROMETRY

Berna ZORKUN
Doctoral Thesis, Department of Orthodontics
Supervisor Prof. Dr. Cenk DORUK
2012, 128 pages

Rapid maxillary expansion (RME) is a widely accepted type of treatment which increases transversal dimensions of maxillary bone via widening midpalatal suture in patients with maxillary deficiency. RME increases anatomical dimensions of midpalatal suture at neighbourhood of nasal basement and nasal cavity, therefore, improves nasal respiration. It has been reported in numerous publications that improvements in nasal breathing affects physical growth, athletic performance and physical health in general. As increased energy requirements of muscles during exercise are provided from combination of cardiovascular and respiratory systems interactions, application of a complex test to get reliable measurements is essential. CPET allows us to perform simultaneous and reliable evaluation of cellular, cardiovascular and respiratory responses to controlled metabolic stress.

Our study aimed to research the effects of RME related increase of nasal cavity width and improvements of nasal breathing on cardiopulmonary system in patients with skeletal maxillary deficiency.

The group was divided into two as treatment (9 girls and 7 boys, mean age 13.25 ± 0.77) and control (8 girls and 6 boys, mean age 13.00 ± 1.03) groups. Patients in treatment group had RME and CPET, whereas control group had only CPET. Measurements were taken prior to RME, after expansion and at the end of retention period. During statistical analysis, Mann-Whitney U test was used for two group comparisons and Friedman test was performed within group variables.

RME treatment resulted with sufficient expansion on average nasal cavity widening in all patients ($p < 0.05$). Repeated CPET measurements revealed no difference in terms of VO_{2peak} in all groups ($p > 0.05$). Applied work was significantly differed in both gender in

treatment group, but only males in control group ($p < 0.05$ for both). In terms of all group comparisons; Doppler and 2D echocardiographic evaluations showed that; there were no statistically significant difference for mean pulmonary artery pressure and left ventricular ejection fraction measurements along expansion and retention period ($p > 0.05$ for all).

Our study findings showed that; despite of RME resulted significant improvements on nasal cavity width, there were no any changes on individual's aerobic athletic performance and it has no effects on cardiopulmonary system.

Key Words: Maxillary Deficiency, Rapid Maxillary Expansion, Ergospirometry, Cardiopulmonary Exercise Test.

ÇİZELGELER

Çizelge 1 Bireylerin tedavi ve kontrol gruplarına göre dağılımları ve ortalama yaşları

Çizelge 2 Tedavi ve kontrol gruplarının yaş, boy, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi ölçümlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 3 Tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki NC - CN ölçümlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 4 Tedavi grubunda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) ile kontrol grubunda tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde NC-CN ölçümlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 5 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavinin farklı dönemlerinde NC-CN ölçümlerinde meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması.

Çizelge 6 Tedavi başında (T1) erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki metabolik ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

Çizelge 7 Ekspansiyon sonu (T2) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki metabolik ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

Çizelge 8 Pekiştirme sonu (T3) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki metabolik ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

Çizelge 9 Tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde metabolik ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

Çizelge 10 Kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde metabolik ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

Çizelge 11 Tedavi grubunda tedavinin farklı dönemlerinde iş yükü (W) ölçümlerinde meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması.

Çizelge 12 Kontrol grubunda tedavinin farklı dönemlerinde iş yükü (W) ölçümlerinde meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması.

Çizelge 13 Tedavi başı (T1) dönemde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki kardiyovasküler ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 14 Ekspansiyon sonu (T2) dönemde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki kardiyovasküler ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 15 Pekiştirme sonu (T3) dönemde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki kardiyovasküler ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 16 Tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde kardiyovasküler ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 17 Kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde kardiyovasküler ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 18 Tedavi başı (T1) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki respiratuar ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 19 Ekspansiyon sonu (T2) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki respiratuar ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 20 Pekiştirme sonu (T3) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki respiratuar ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 21 Tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde respiratuar ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 22 Kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde respiratuar ölçümlerin karşılaştırılması.

Çizelge 23 Tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki OPAB ve SVEF ölçümlerinin karşılaştırılması.

Çizelge 24 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde OPAB ve SVEF ölçümlerinin karşılaştırılması.

İÇİNDEKİLER

ADINA SUNMA	iii
ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ÇİZELGELER.....	x
İÇİNDEKİLER.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
RESİMLER	xvi
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
KISALTMALAR	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Rapid Maksiller Ekspansiyon.....	4
2.2. RME'nin Nazal Kaviteye ve Nazal Hava Yoluna Olan Etkisi.....	9
2.2.1 Radyografik Değerlendirmeler.....	10
2.2.2. Akustik Rinometri Değerlendirmeleri.....	11
2.2.3. Rinomanometri Değerlendirmeleri	13
2.2.4. Bilgisayarlı Tomografi Değerlendirmeleri.....	15
2.3. Solunum Sistemi	17
2.3.1 Egzersiz ve Solunum Sistemi.....	17
2.3.2. Egzersizin Solunum Sistemine Olan Etkisi.....	17
2.3.3. Solunum ve Aerobik Performans	19
2.4. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi.....	19
2.4.1. Çocuklarda Egzersiz Testinin Kullanıldığı Durumlar.....	22
2.4.2. Egzersiz Testi Protokolleri	22
2.4.2.1. Submaksimal Testler	22
2.4.2.2. Maksimal Testler	23
2.4.2.3. Basamak Testi	23
2.4.2.4. Rampa Testi	24
2.5. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Parametreleri	24
2.5.1. Metabolik Parametreler	25
2.5.2. Kardiyovasküler Parametreler.....	27
2.5.3. Respiratuar Parametreler	27
2.6. Kardiyolojik Değerlendirme Yöntemleri	29
2.6.1. Elektrokardiyografi (EKG)	29
2.6.2. Ekokardiyografi.....	29
2.6.2.1. Ekokardiyografinin Sınıflandırılması.....	30
2.6.3. Pulmoner Arter Basıncının (PAB) Doppler Ekokardiyografi ile Değerlendirilmesi	31
3. MATERYAL ve METOT	33
3.1. Rapid Maksiller Ekspansiyon Apareyi.....	34
3.2. Apareyin Uygulanması ve Kullanımı.....	35
3.3. Kardiyopulmoner Egzersiz Testinin Yapılışı.....	35
3.4. Elektrokardiyografi Uygulaması	39

3.5.	Ekokardiyografi Uygulaması	40
3.6.	Hastalardan Alınan Kayıtlar	40
3.6.1.	Postero-Anterior Radyografi Ölçümleri.....	41
3.6.2.	Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Ölçümleri	41
3.6.3.	Ekokardiyografi Ölçümleri	41
3.7.	İstatistiksel Analiz	42
4.	BULGULAR.....	43
4.1.	Postero-Anterior Radyografi Bulguları	44
4.2.	Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Bulguları.....	46
4.2.1.	Metabolik Parametreler ve Egzersiz Süresi Bulguları	46
4.2.2.	Kardiyovasküler Parametrelere Ait Bulgular	56
4.2.3.	Respiratuar Parametrelere Ait Bulgular	62
4.3.	Ekokardiyografi Bulguları	73
5.	TARTIŞMA.....	76
5.1.	Postero-Anterior Radyografi Bulgularının Değerlendirilmesi	79
5.2.	Kardiyopulmoner Egzersiz Testine Ait Bulguların Değerlendirilmesi.....	80
5.2.1.	Metabolik Parametrelere Ait Bulguların Değerlendirilmesi	82
5.2.2.	Kardiyovasküler Parametrelere Ait Bulguların Değerlendirilmesi.....	85
5.2.3.	Respiratuar Parametrelere Ait Bulguların Değerlendirilmesi	86
5.3.	Ekokardiyografi Bulgularının Değerlendirilmesi.....	87
6.	SONUÇLAR	89
7.	KAYNAKLAR	90
8.	ÖZGEÇMİŞ	109

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Egzersizde kas, kalp ve akciğer işleyişi.

Şekil 2 Postero-anterior filmde kullanılan noktalar.

Şekil 3 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde elde edilen nazal kavite genişliği (NC-CN) ölçümlerine ait değişikliklerin dağılımı.

Şekil 4 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde elde edilen egzersiz süresi (ES) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 5 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki iş yükü (W) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 6 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen VO_{2pik} ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 7 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde kalp hızı (KH) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 8 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde nabız oksijeni (O_2Pulse) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 9 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde yüzde kalp hızı (Yüzde KH) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 10 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde dakika ventilasyonu (VE) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 11 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde solunum eşitliği (VE/VO_2) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 12 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde solunum frekansı (Sf) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 13 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki inspirasyon zamanı (Ti) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 14 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki ekspirasyon zamanı (Te) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 15 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki soluk hacmi (VT) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 16 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki ölü boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

Şekil 17 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen ortalama pulmoner arter basıncı (OPAB) ölçümlerine ait değişikliklerin dağılımı.

Şekil 18 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (SVEF) ölçümlerine ait değişikliklerin dağılımı.

RESİMLER

Resim 1: Modele uyumlanmış hyrax vidası ve akrilik bonded RME apareyi

Resim 2: Ergobisiklet

Resim 3: Analizör

Resim 4: Pulse oksimetre

Resim 5: Oronazal maske

Resim 6: Hastaların test sırasındaki görüntüleri

Resim 7: EKG cihazı

Resim 8: Ekokardiyografi cihazı

SİMGELER DİZİNİ

CO ₂	: Karbondioksit
dk	: Dakika
FEV	: Zorlu Vital Kapasite
gr	: Gram
l	: Litre
m	: Metre
ml	: Mililitre
ms	: Milisaniye
MVV	: Maximum Voluntary Ventilation= Maksimum İstemli Solunum
O ₂	: Oksijen
O ₂ Pulse	: Nabız Oksijeni
R	: Solunum değişim oranı
sn	: Saniye
Sf	: Solunum frekansı
T1	: Tedavi başı
T2	: Ekspansiyon sonu
T3	: Pekiştirme sonu
Te	: Ekspirasyon zamanı
Ti	: İspirasyon zamanı
VD/VT	: Ölü boşluğun soluk hacmine oranı
VE	: Dakika ventilasyonu
VE/VO ₂	: Oksijen için solunum eşitliği
VO ₂	: Oksijen tüketim miktarı
VO ₂ maks	: Maksimum oksijen tüketimi
VO ₂ pik	: Egzersiz testi sırasında ulaşılan en yüksek oksijen tüketim miktarı
VCO ₂	: Karbondioksit üretim miktarı
VT	: Soluk hacmi
W	: İş Yüku

KISALTMALAR

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
EKG	: Elektrokardiyografi
ES	: Egzersiz Süresi
KBB	: Kulak Burun Boğaz
KH	: Kalp Hızı
KPET	: Kardiyopulmoner Egzersiz Testi
NC-CN	: Nazal Kavite Genişliği
OPAB	: Ortalama Pulmoner Arter Basıncı
RME	: Rapid Maksiller Ekspansiyon
SARME	: Cerrahi Destekli RME (Surgically Assisted RME)
SVEF	: Sol Ventrikül Ejeksiyon Fraksiyonu

1. GİRİŞ

Stomatognatik sistemin en önemli fonksiyonlarından birisi solunumdur. İnsanların büyük çoğunluğu nazal solunum yapar. Nazal kavite solunumla elde edilen havanın akciğerlere ulaşmadan önce ısınıp arttırabilme, nemini ayarlayabilme, enfeksiyon kaynakları ve kirli partiküllerden arındırabilme özelliğine sahiptir. Bunlara ilaveten nazal solunum, nasorespiratuvar ark ile nazomaksiller sistemin ve stomatognatik yapının sağlıklı biçimde oluşmasına ve gelişmesine katkıda bulunur (Oliveira 2005).

Ağız solunumu genellikle üst hava yollarının anatomik ya da fonksiyonel daralması ile bazen de alışkanlık nedeniyle ortaya çıkar. Ağız solunumu; solunum sistemi hastalıkları, kardiyopulmoner sistem bozuklukları ve endokrin sistem bozuklukları, konuşma ile ilgili sorunları, yüz gelişim anomalileri ve maloklüzyonlar gibi problemlerin görülme sıklığını arttırabilir (Gray 1975 ve 1987; Timms 1981; Oliveira 2005). Ağız solunumu nedeniyle dil ağız tabanına yerleşmekte ve ağız içi kas dengesi buksinatör kası lehine bozulmaktadır. Bozulan kas dengesi nedeniyle üst dental arkta daralma meydana gelmektedir (Linder-Aronson 1970).

Gray (1987), uzun süre devam eden nazal solunum yetersizliğinin egzersiz toleransında azalma ve vital kapasitede düşmeye yol açacağını belirtmiştir.

Rapid maksiller ekspansiyon (RME) üst çene darlığını düzeltmek için yaygın olarak kullanılan bir tedavi yöntemidir. Angell tarafından 1860 yılında tarif edilen, Haas tarafından 1960'lı yıllarda geliştirilen bu yöntem günümüzde ortodontide popüler bir tedavi yöntemi haline gelmiştir.

Bugüne kadar yapılan klinik çalışmaların sonuçlarına göre; RME ile midpalatal suturda açılma oldukça maksiller segmentlerin lateral hareketiyle beraber nazal kavite genişlemekte (Hershey ve ark. 1976; Da Silva Filho ve ark. 1995; Memikoğlu ve İşeri 1999; Cross ve McDonald 2000; Baccetti ve ark. 2001; Başçiftçi ve ark. 2002; Başçiftçi ve Karaman 2002; Cameron ve ark. 2002; Sarı ve ark. 2003; Doruk ve ark. 2004a; Compadretti ve ark. 2006a, 2006b; Enoki ve ark. 2006; Garrett ve ark. 2008; Ramoğlu ve Sarı 2010; Ribeiro ve ark. 2011) ve nazal kavite hacmi artmaktadır (Wertz 1968; Başçiftçi ve ark. 2002; Chung ve Font 2004; Compadretti ve ark. 2006a; Babacan ve ark. 2006; Doruk ve ark. 2007; Palaisa ve ark. 2007; Cappellette ve ark. 2008; Sökücü 2010; Görgülü 2011). RME'nin nazal havayolu direncinde azalmaya yol açtığı (Hershey

ve ark. 1976; Timms 1986; White ve ark. 1989; Başçiftçi ve ark. 2002; Doruk ve ark. 2004b; Enoki ve ark. 2006) ve bu sayede hastaların nazal solunumunda düzelme (Gray 1975; Hershey ve ark. 1976; Doruk ve ark. 2004b; Compadretti ve ark. 2006b), atletik performansında ve fiziksel gelişiminde artış meydana geldiği bildirilmiştir (Haas1961,1970; Wertz 1970; Timms 1974).

Solunum, vücut hücrelerinin gereksinimi olan oksijenin (O₂) dış ortamdan alınıp, kana verilmesi ve hücrelerde oluşan karbondioksitin (CO₂) kandan alınarak dış ortama verilmesi ile gerçekleşir (Solomon 2000). Aerobik enerji yollarının devrede olduğu dayanıklılık egzersizlerinde, kas dokusunun artan iş yükünü karşılayabilmesi için çok daha fazla oksijene gereksinim duyulur. Dokuların oksijen ihtiyacı arttıkça buna paralel olarak solunum sisteminin organizmaya sağladığı oksijen artar (Comroe 1976). Kas hücresinin, egzersiz sırasında artan gaz değişim ihtiyacını tam olarak karşılayabilmesi için akciğerler, pulmoner dolaşım, kalp ve periferik dolaşım arasında tam bir uyum olmalıdır. Kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) işte bu noktada tam olarak kontrol edilebilen metabolik stres koşulları yaratılarak kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin tümünün aynı anda sınanmasına olanak sağlayan bir değerlendirme yöntemidir (Freedson ve Goodmann 1993; Günay ve Cicioğlu 2001).

KPET ile atletik performansın derecesi, fiziksel antremana verilen cevapların değerlendirilmesi, organizmanın metabolik durumu, kardiyak, pulmoner, nöromusküler sistemlerin fonksiyonel kapasitelerinin değerlendirilmesi yoluyla farklı patolojilerin aydınlatılması amaçlanır (Wasserman 1999; Cooper ve Storer 2003).

Literatür incelendiğinde, RME uygulanan hastalarda nazal solunum yolu direnci değişikliklerini inceleyen akustik rinometrik ve rinomanometrik araştırmalar (Stewart 1974; Turbyfill 1976; Timms 1986; Doruk ve ark. 2004b; Bıçakçı ve ark. 2005; Babacan ve ark. 2006; Compadretti ve ark. 2006a, 2006b; Enoki ve ark. 2006; Cappellette ve ark. 2008; Farronato ve ark. 2008; De Felipe ve ark. 2009; Monini ve ark. 2009; Halıcıoğlu ve ark. 2010; Matsumoto ve ark. 2010; Sökücü ve ark. 2010; Langer ve ark. 2011), nazal kavite değişikliklerini inceleyen tomografik çalışmalar (Montgomery ve ark. 1979; İşeri ve ark. 1998; Doruk 2004c; Palaisa ve ark. 2007; Garrett ve ark. 2008; Haralambidis ve ark. 2009; Ballanti ve ark. 2010; Christie ve ark. 2010; Zhao ve ark. 2010; Görgülü ve ark. 2011; Ribeiro ve ark. 2011) ve maksiller transversal yetersizlik ile solunum parametreleri (Gray 1975 ve 1987) ve solunum yolu

hastalıkları (Timms 1984 ve 1987) arasındaki ilişkiyi değerlendiren araştırmalar olduğu görülmektedir. Literatür incelendiğinde, RME'nin kardiyopulmoner sistem üzerindeki etkilerini inceleyen klinik ya da deneysel bir araştırma bulunamamıştır.

Çalışmamızın amacı, iskeletsel maksiller darlık gösteren bireylerde RME ile nazal kavite genişliğindeki artışın ve burun solunumunda meydana gelen düzelmenin kardiyopulmoner sistemi nasıl etkilediğini araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Rapid Maksiller Ekspansiyon

RME dişlere ve alveoler yapılara lateral yönde ortodontik diş hareketi limitlerini aşan kuvvet uygulayarak midpalatal suturun açılması işlemidir (Haas 1961). Üst çeneye ortopedik kuvvet uygulayarak midpalatal suturu açma kavramı ilk kez 1860'da Angell tarafından rapor edilmiştir. Bu işlem "midpalatal suturun kuvvet uygulanarak açılması" olarak tanımlanmıştır. Angell bu çalışmasında, molar ve premolar bantları üzerine lehim ile sabitlenen bir vida yardımıyla transversal yönde kuvvet uygulandığını ve suturun bu kuvvetten etkilenecek şekilde sutural açılma ile birlikte üst çene genişlemesinin sağlandığını ve keser dişler arasında diastemanın oluştuğunu söylemiştir (Angell 1860). O tarihte X-ışını henüz keşfedilmemiş olduğu için Angell'in görüşü çok fazla eleştirilmiş ve kuşkuyla karşılanmıştır.

RME'nin tanımlanmasından yaklaşık yüz yıl sonra, 1961 yılında Haas'ın yaptığı çalışmalarla RME'nin kullanımına olan ilgi tekrar artmıştır. Haas (1961), diş ve doku destekli aпаратыnı tanıtmıştır ve bu aпарeye kendi adını vermiştir. Diş desteğinin dişlere yapıştırılan bantlarla, doku desteğinin de damağın sağ ve sol yan duvarlarına temas eden akrilik yastıkçıklarla sağlandığını bildirmiştir. Akrilik parçaların genişletme kuvvetinin sadece dişlere değil aynı zamanda palatinal kemiğin yan duvarlarına da etki etmesiyle daha fazla sutural açılma olacağını ifade etmiştir.

Biederman (1973), akrilik destek olmaksızın sadece premolar ve molar bantlarına lehimlenen diş destekli "*Hygienic rapid expansion*" (Hyrax) aygıtını kullanmıştır. Hyrax aпараты, Haas'ın aпаратыne oranla daha kolay temizlenmesi ve daha az irritasyona sebep olması nedeniyle dikkat çekmiştir.

Cohen ve Silverman (1973), bant yerine dişlerin bukkal, lingual ve tercihen okluzal yüzeylerinin de akril ile kaplandığı ve ağıza yerleştirilmesi daha kolay bir aпараты tanıtmışlardır. Günümüze gelene kadar birçok modifiye edilmiş, farklı aпарей dizaynları kullanılmıştır.

RME'nin endikasyonları arasında; tek veya çift taraflı posterior çapraz kapanışın tedavisi, çekimsiz tedavi edilebilecek sınır vakalarda ark boyunun arttırılması, Sınıf II bölüm 1 maloklüzyonun spontan düzeltimi, hafif dereceli ön çapraz kapanışın düzeltilmesi, nazal tıkanıklığa bağlı üst çene darlığı vakalarında burun solunumunun

kolaylaştırılması, Sınıf II vakalarda antero-posterior uyumsuzluğun düzeltilmesi sonrasında posterior bölgede oluşabilecek bukkolingual ilişkinin düzeltilmesi, sınıf III vakalarda sutural mobilizasyonun sağlanması, damak-dudak yarığı olan hastalarda kollabe olmuş üst çenenin genişletilmesi, ortognatik cerrahiye hazırlık ve gülümsemede görülen karanlık bukkal koridorların giderilmesi sayılabilir. (Haas 1961, 1965, 1980; Wertz 1970; Hershey ve ark. 1976; Subtelny 1980; Timms 1981; Alpern ve Yurosko 1987; Bishara ve Staley 1987; Warren ve ark. 1987; Da Silva Filho 1991; McNamara ve Brudon 1993; McNamara 2000 ; Başçiftçi ve ark. 2002; Bıçakçı ve ark. 2005).

RME'nin kontrendikasyonları arasında; sistemik rahatsızlıklar, midpalatal suturun tamamen kalsifiye olması, tek dişin çapraz kapanış gösterdiği olgular ve RME uygulamasına uyum sağlayamayacak kadar kötü kooperasyonu olan hastalar sayılabilir. Ön bölgede ortognatik cerrahi gerektirecek kadar şiddetli "*open-bite*"ı olan, aşırı alt çene düzlem açısı ve konveks profili olan hastalar da RME için uygun değildir. Alt ve üst çenesinde iskeletsel seviyede asimetrisi olan hastalar ile şiddetli ön-arka ve dik yön iskeletsel bozukluğu olan erişkin bireylerde cerrahi müdahale planlanıyor ise bu hastalarda sadece RME uygulanması kontrendikedir (Wertz 1970; Timms 1981; Bishara ve Staley 1987; Lima ve ark. 2003 ve 2004).

RME işleminin en çok tartışılan kısmı genişletme hızı olmuş ve literatürde çok değişik vida çevirme yöntemleri önerilmiştir. Farklı apareylerle yapılan RME'de genel olarak kullanılan yöntem vidanın sabah ve akşam olmak üzere günde 2 çeyrek tur çevrilmesidir (Haas 1961; Wertz 1970; Başçiftçi ve ark. 2002; Başçiftçi ve Karaman 2002; Lima ve ark. 2003 ve 2004; Oliviera ve ark. 2004; Bıçakçı ve ark. 2005). Vidanın günde bir kez çevrilmesi ise fizyolojik uyum sağlanması ve aşırı rezidüel yük birikiminin önlenmesi açısından önerilmektedir (Haas 1980).

İşeri ve ark. (1998), yaptıkları çalışmalarında, RME'nin, fasiyal kemiklerde önemli miktarda deformasyona ve stres birikimine neden olduğunu ve bunun da uzun dönemde nükle sonuçlanabileceğine dikkat çekmişlerdir. Araştırmacılar bu bilgiler dahilinde, midpalatal suturda ayrılma oluncaya kadar hızlı, sonrasında ise yavaş genişletmeyi önermişlerdir.

Üst çene genişletme miktarının belirlenmesinde en sık kullanılan yöntem "Howes Model Analizi"dir (Howes 1952). Bu analiz transversal yönde, dişler ve

dişleri taşıyan apikal kemik kaidesi arasındaki ilişkileri incelemektedir. Normal oklüzyon gösteren bireylerde apikal kemik kaidesinin genişliği, küçük azılar arası diş kavsi genişliğine eşit ya da ondan daha büyük olmalıdır. Apikal kemik kaidesinin dar olduğu ve dişlerin eksen eğimlerinin kron bölgesinde orta çizgiden uzaklaştığı durumlarda RME, apikal kemik kaidesinin geniş olduğu ve dişlerin eksen eğimlerinin kron bölgesinde orta çizgiye yaklaştığı durumlarda yavaş üst çene genişletmesi ya da başka bir deyişle diş kavsi genişletmesi uygundur.

Staley ve ark. (1985), 36 adet normal oklüzyonlu ve 39 adet Sınıf II bölüm 1 maloklüzyonuna sahip bireyler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, üst daimi birinci molarların meziobukkal kasp tepeleri arasındaki mesafe ile alt daimi birinci molarların bukkal tüberkülleri arasındaki mesafe farkını normal oklüzyona sahip erkeklerde 1.6 mm, bayanlarda ise 1.2 mm olarak bulmuşlardır. Bu farkı hesap ederek ve ilave olarak 2-4 mm fazla genişletme yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

RME uygulamasında dikkat edilmesi gereken diğer bir konu da hasta yaşıdır. Birçok yazar erken tedavi üzerinde hemfikirdir (Kutin ve Hawes 1969; Hicks 1978; Da Silva Filho ve ark. 1991; Baccetti ve ark. 2001). Ayrıca RME ile pubertal atılım öncesi tedavi edilecek bireylerde hem üst çenede hem de çevre yapılarda uzun dönem iskeletsel etki daha iyi olacak, eğer RME pubertal atılımdan sonra yapılacak olursa üst çenenin genişletmeye adaptasyonu iskeletselden dişlele doğru kayacaktır diye belirtmişlerdir (Wertz 1970; Baccetti ve ark. 2001).

Bishara ve Staley (1987), optimal ekspansiyon zamanının 13-15 yaş öncesi olduğunu, daha büyük hastalarda da ekspansiyonun mümkün olabileceğini ama sonuçların tahmin edilemeyeceğini ve stabil olmayacağını söylemişlerdir.

Da Silva Filho ve ark. (1991), maksiller darlığın, süt dişlenme dönemi de dahil, olabildiğince erken dönemde düzeltilmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Bunun nedeni olarak maksillanın yüz kemikleriyle olan bağlantısının yaşla birlikte daha rijit hale gelmesi, erken dönem genişletmede hareketin daha kolay elde edilmesi ve hastaların ağrıdan daha az şikayet etmelerini göstermişlerdir.

Baccetti ve ark. (2001), pubertal büyüme atılımı öncesinde ve sonrasında iki grup hastayı RME ile tedavi ederek pubertal büyüme atılımının etkisini incelemişler ve pubertal büyüme atılımından önce RME tedavisi yapılan grupta diğer gruba kıyasla

iskeletsel düzeyde daha belirgin transvers kraniyofasiyal değişiklikler elde edildiğini bildirmişlerdir.

McNamara (2002), genç hastalarda RME'nin daha etkili olduğunu, genişletmenin daha kolay gerçekleştiğini ve sonuçların tahmin edilebilir olduğunu belirtmiştir.

Sarı ve ark. (2003), karma ve daimi dişlenme döneminde olmak üzere iki grubu karşılaştırdıkları çalışmalarında, karma dişlenme döneminde elde edilen ortopedik etkilerin beklenen kadar fazla olmadığını ve RME'nin erken daimi dişlenme dönemine kadar ertelenmesinin iyi bir alternatif olabileceğini rapor etmişlerdir.

RME sonrası oluşan dişsel ve iskeletsel nüksün nedenleri, pekiştirme periyodu sürecinde yetersiz kemik formasyonu, sirkümmaksiller suturalarda biriken rezidüel kuvvetler, suturaların deformasyona karşı rijiditesi, zigomatik kemikte oluşan direnç, bukkal kas yapısı, üst çeneyi çevreleyen yumuşak doku matriksi ve gerilmiş mukoperiosteum olduğunu belirtmişlerdir (Mew 1983; Bishara Staley 1987; Halazonetis ve ark. 1994; Cameron 2002).

RME iki fazdan oluşur. Birinci faz sutural ayrılma ile üst çenenin aktif genişlemesi, ikinci faz ise midpalatal suturun reorganizasyonu ve kalsifikasyonu için geçen pekiştirme periyodudur (Haas 1965; Sarver ve Johnston 1989). Aktif genişletme periyodu sonunda oluşan rezidüel yükler, hareket ettirilmiş üst çene segmentlerinin tekrar kollabe olmasına sebebiyet verecektir. Ekspansiyon sonrası yer değiştiren çevre dokulardaki kuvvetlerin nükse yol açan bir etken olabileceğinden bahsedilmektedir (Zimring ve Isaacson 1965). RME sonrası dokuların tekrar organizasyonunu ve stabilizasyonunu sağlamak için 3-6 ay süreyle pekiştirme uygulanması gerektiği bildirilmiştir (Haas 1965, Wertz 1970).

Isaacson ve Ingram (1964), nüksün muhtemel sebebinin rezidüel kuvvetler olduğunu, aktif tedaviden sonra aparey terk edilir edilmez %20 oranında nüks meydana geldiğini ve en iyi pekiştirme yönteminin aşırı düzeltme olduğunu söylemişlerdir. Aynı araştırmacılara göre aşırı düzeltme yapılır ve bu pozisyonda bir müddet pekiştirme uygulanırsa rezidüel kuvvetler kaybolacak ve nüks görülmeyecektir.

RME sonrası periodontal, palatal ve musküler dokularda meydana gelen gerilmelerin, pekiştirme yapılmasına karşın nüks neden olabileceğinden bahsedilmiş ve 2-3 mm'lik aşırı düzeltme yapılması gerektiği belirtilmiştir (Ekström ve ark. 1977; Hicks 1978; Mew 1983; Timms 1988).

Ekström ve ark. (1977), midpalatal suturun ortodontik genişletme sonrası mineralizasyonunu incelemiş, ilk 1 ay içinde mineralizasyonun büyük oranda tamamlandığını ancak 3 ay sonunda ölçüm bölgelerinin mineral içeriğinin hepsinin aynı olduğunu belirtmiştir.

RME apareyi bir süre ağızda pekiştirme aygıtı gibi kullanıldıktan sonra nüks eğilimini azaltmak için üst birinci azı dişleri arasına transpalatal ark takılması tavsiye edilmiştir (Bishara ve Staley 1987). RME sonrası farklı apareylerle pekiştirme uygulanmış ve oluşan nüks incelenmiştir. Sabit pekiştirme apareyiyle %10-23, hareketli pekiştirme apareyiyle %22-25 ve pekiştirme apareyi kullanılmadığı zaman ise %45 oranında nüks rapor edilmiştir (Hicks 1978).

Bishara ve Staley (1987) ise apareyin 3-6 boyunca sabit pekiştirme apareyi olarak kullanılmasını böylece dokuların yeni konumlarında tekrar organize olmasına izin verilmesini önermiştir. Ayrıca yapılan genişletmenin miktarı arttıkça sabit pekiştirme döneminin de uzaması gerektiğini söylemiştir. Proffit ve Fields (2007), genişletme apareyinin sutural bölgede yeni kemik oluşumu için 3-4 ay kullanılmasının ardından çıkarılıp yerine sonraki tedavi ve pekiştirme periyodu boyunca kullanmak üzere akrilik plağın takılmasını önermişlerdir.

McNamara ve Brudon (1993), hareketli apareye geçilmeden genişletme apareyinin 5 ay kullanılmasının uygun olacağını belirtmiştir.

Halazonetis ve ark. (1994), RME sonrasında yanak kaslarındaki basınç değişimlerini incelemişler, 3-4 aylık pekiştirme dönemi sonrasında bile basıncın genişletme sonrasındaki değerlerde olduğunu ve yumuşak dokuda bu süre zarfında herhangi bir adaptasyonun oluşmadığını bulmuşlardır. Araştırmacılar, RME uygulanan hastalarda 3 ay olarak önerilen pekiştirme periyodundan sonra da nüks oluşabileceğini belirtmişlerdir.

RME'nin puberte öncesi bireylerde midpalatal suturu açma etkinliği sutural yoğunluktaki önemli derecede azalma ile bağlantılıdır. Değerler tedavi öncesi değerlerle benzer bulunduğundan dolayı 6 aylık pekiştirme dönemi sonrasındaki sutural yoğunluk midpalatal suturun geride organize olduğunu göstermektedir (Franchi ve ark. 2010).

Wertz (1968), RME' nin etkilerini hastalara egzersiz yaptırarak değerlendiren bir araştırma yapmıştır. Wertz (1968) bu araştırmasında, iskeletsel posterior çapraz kapanışa sahip, nazal solunum problemi olan ve normal nazal solunum yapan iki ayrı grup hastada yaptığı araştırmasında, birinci gruptaki hastalara istirahatte ve okuma esnasında, diğer gruptaki hastalara ise bunlara ilave olarak hafif (75 defa tek ayak üzerinde hoplatarak) ve maksimal egzersiz yaptırmış, nazal havayolu ölçümlerini veya solunum kayıtlarını "warm-wire" anemometresinin nazal maskeye uyarlanması yardımıyla kaydetmiştir. Kayıtları başlangıçta, sutur açılımında ve sutur açılımından üç ay sonra tekrarlamış, istirahatte ve hafif egzersiz sonrasında yaptığı ölçümlerde hastaların çoğunda nazal hava yolu hacminde ortalama bir artış saptamış, az bir bölümünde ise hafif bir azalmadan söz etmiştir. Ayrıca, hastaların tamamında sutur açılımından sonraki üç aylık dönemde elde edilen maksimal solunum sırasındaki kayıtlara dayanarak, ulaşılan maksimal nazal solunum kapasitesinin korunduğunu saptamıştır. Wertz aynı çalışmada, tüm vakalarda maksimal egzersiz sonunda nazal hava yolu hacminde artış saptamış, hastaların anxiete seviyesi ve hafif efor düzeyindeki farklılıkları, istirahat ve hafif egzersiz sonrasında elde edilen nazal hava yolu hacmi değişikliklerinin nedenleri olarak kabul edileceğini belirtmiştir. Sonuç olarak Wertz, bilateral maksiller ark genişliğinde yetersizlik ile beraber nazal kavitenin alt-ön tarafında tıkanıklığın olduğu bir durum söz konusu değilse, sadece nazal permeabilityi arttırmak amacıyla midpalatal suturu genişletmenin önerilemeyeceğini bildirmiştir.

2.2. RME'nin Nazal Kaviteye ve Nazal Hava Yoluna Olan Etkisi

RME ile midpalatal suturda açılma oldukça nazal kavitenin dış duvarının lateral hareketiyle nazal kavite genişliğinde önemli artışlar olduğu birçok yazar tarafından belirtilmiştir (Hershey ve ark. 1976; Da Silva Filho ve ark. 1995; Memikoğlu ve İşeri 1999; Cross ve McDonald 2000; Baccetti ve ark. 2001; Başçiftçi ve ark. 2002; Cameron ve ark. 2002; Sarı ve ark. 2003; Doruk ve ark. 2004a; Compadretti 2006a, 2006b; Enoki ve ark. 2006; Garrett ve ark. 2008; Ramoğlu ve Sarı 2010; Ribeiro ve ark. 2011).

2.2.1 Radyografik Değerlendirmeler

Ortopedik ekspansiyon yaklaşımı sadece ortodontistlerin değil, Kulak-Burun-Boğaz (KBB) uzmanlarının da ilgisini çekmiştir. KBB uzmanı olan Brown (1903), RME tedavisini ilk savunanlardandır. Brown (1903), ekspansiyon sayesinde deviye olan nasal septumun düzleştirilebileceğini, palatal suturun açılması sayesinde nazal kavitede elde edilecek genişlemeyle solunumun rahatlayacağını ayrıca hipertrofik olan nazal ve faringeal mukoz membranların rahatlayacağını iddia etmiştir.

Pfaff (1905), dar olan maksillanın RME ile ekspansiyonu sonrası damağın alçaldığını, nazal septumun düzleştiğini ve nazal kemiklerin birbirinden ayrıldığını, böylece nazal hava yolundan geçen hava hacminde önemli artış olduğunu bildirmiştir.

Wright (1912), üst çene genişletmesi yaptığı 30 hastada nazal kavitenin alt bölümünde inferior konkaların lateral duvarları arasındaki uzaklığı ölçmüş, ekspansiyon sonrasında 6.5 mm'nin üzerinde bir artış meydana geldiğini göstermiştir. Bununla birlikte ekspansiyon sonrasında her hastanın nazal solunumunda subjektif olarak bir rahatlama olduğunu bildirmiştir.

Korkhaus (1960), ağız solunumu yapan bireylerin nazal solunuma geçebilmesi için maksiller genişletmenin nazal havayolunda genişleme sağlayan önemli bir uygulama olduğunu belirtmiştir.

Haas (1961), kullandığı ekspansiyon aparatının üst çenede gövdesel hareket meydana getirdiğini, buna bağlı olarak burun tabanının aşağı indiğini ve nefes almanın rahatladığını ifade etmiştir.

Gray (1975), 310 vaka üzerinde yaptığı bir çalışmada, RME'nin oral solunumu %87'ye varan oranda nazal solunuma dönüştürebildiğini, %9 vakada yetersiz kaldığını, %4 vakada ise etkisiz olduğunu belirtmiştir.

Hershey ve ark. (1976), 17 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada; akrilik destekli ve desteksiz RME sonrasında nazal kavite genişliğinin arttığını, nazal dirençte anlamlı ölçüde azalma olduğunu, bu azalmanın pekiştirmenin 3. ayında da devam ettiğini ve kullanılan aparatlar arasında herhangi bir farkın olmadığını söylemişlerdir. Daha da önemlisi; gereğinde RME'nin sadece dar olan maksiller arkı genişletmede değil, aynı zamanda nazal direnci, ağız solunumu yapanlardaki seviyeden normal burun solunumu

yapanlarla kıyaslanabilecek seviyeye getirmekte faydalı olduğunu ifade etmişlerdir.

Timms (1987), havayolundaki genişlemenin nazal havayolu direncini azalttığını, bunun da nazal fizyolojinin düzelmesine katkıda bulunarak solunum sistemi hastalıklarını engellediğini belirtmiştir.

Hartgerink ve ark. (1987), RME'nin nazal hava yolu direncini azalttığını ancak bireysel farklar sebebiyle bunun önceden tahmin edilemeyeceğini bildirmişlerdir.

Warren ve ark. (1987), RME ile nazal hava yolu direncinde azalma gözlendiğini ancak bu azalmanın hastaların 1/3'ünde ağız solunumunu elimine edecek kadar fazla olmadığını söylemişlerdir.

Aras ve ark. (1998), RME sonrası nazofarenkste oluşan değişiklikleri sefalometrik olarak incelemişler ve nazofarenkste havayolu oranında artma saptamışlardır. RME sonucu nazal direncin azaldığını ve mandibulada görülen posterior rotasyonun hava yolu oranını etkilemediğini ifade etmişlerdir.

Akkaya ve ark. (2002), RME ile nazofarengeal yükseklikte, havayolu derinliğinde ve kemiksel nazofarengeal boşlukta artış tespit etmişlerdir. Nazofarengeal yükseklikteki artışın üst çenenin hareketiyle korelasyon gösterdiğini söylemişlerdir.

Başçiftçi ve ark. (2002), yaş ortalaması 12.1 yıl olan RME grubu ile 18.4 yıl olan cerrahi destekli RME grubunu karşılaştırmışlar; RME'nin her iki grupta da nazal solunum problemi ve maksiller transversal yetersizliği olan hastalarda etkin olduğunu, nazal hava yolu direncinin azalmasıyla birlikte nazal boyutların arttığını ve gruplar arasında fark olmadığını belirtmişlerdir.

Chung (2006), midpalatal suturu genişletirken 24 saat hafif kuvvetlerle çenelik kullanımının ağız kapanmasını sağlayarak nazal solunumu arttırdığını ifade etmiştir.

2.2.2. Akustik Rinometri Değerlendirmeleri

Doruk ve ark. (2004b), RME'nin nazal havayolu direnci üzerine etkisini akustik rinometreyle inceledikleri çalışmalarında, ekspansiyonla nazal hava yolu direncinde anlamlı oranda bir azalma olduğunu ve bu azalmanın 8 ay boyunca devam ettiğini belirtmişlerdir.

Bıçakçı ve ark. (2005), akustik rinometri kullanarak puberte öncesi ve sonrası dönemde RME ile nazal hava yolunda meydana gelen değişimleri incelemişler, puberte öncesi dönemde daha fazla artış olduğunu ve bu artışın stabil kaldığını ama istatistiksel olarak puberte öncesi ve sonrası dönemde gruplar arasında fark olmadığını ifade etmişlerdir.

Compadretti ve ark. (2006b), RME ile ortaya çıkan nazal havayolu ve nazal kavitedeki değişiklikleri akustik rinometri, rinomanometri ve radyografi ile incelemişler, RME'nin nazal kavite üzerinde etkin olduğunu, nazal volümün arttığını ve nazal solunumun geliştiğini bildirmişlerdir.

Babacan ve ark. (2006), RME ve cerrahi destekli RME'nin nazal hacim üzerindeki etkilerini akustik rinometri ile incelemişler, her iki grupta da nazal hava yolu direncinin azaldığını, nazal hacmin arttığını, ancak nazal hacimdeki bu artışın bütün hastalarda öngörülelemeyeceğini belirtmişlerdir.

Enoki ve ark. (2006), RME'nin nazal kavite üzerindeki etkisini akustik rinometri ve rinomanometri ile incelemişler, yaptıkları 3 ayrı ölçümde nazal valf ve inferior türbin seviyesindeki minimal kesitsel alanda farklılık bulmamışlardır. Ancak aynı dönemlerde nazal dirençte önemli derecede fakat kademeli bir azalma tespit etmişlerdir.

Doruk ve ark. (2007), RME ile oluşan nazal hacim değişikliklerini akustik rinometri ve bilgisayarlı tomografi (BT) kullanarak incelemişler, RME ile nazal hacmin arttığını belirtmişlerdir.

Cappellette ve ark. (2008), RME'nin nazal kavite boyutları üzerindeki etkilerini akustik rinometri ile incelemişler, nazal kavite boyutları ve hacminde artış saptamışlardır.

De Felipe ve ark. (2009), RME'nin nazal kavite geometrisi ve fonksiyonu ile maksiller dental ark üzerindeki uzun dönem etkilerini 3 boyutlu morfometrik analiz ve akustik rinometri ile incelemişler, total palatal alan ile hacmin arttığını ve bu artışın yaklaşık 5 yıllık takip döneminde kalıcı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca nazal hava yolu direncinin önemli ölçüde azaldığını, minimal kesitsel alanın ekspansiyon sonu ile

pekiştirme dönemi arasında artış gösterdiğini, her iki parametrenin de 5 yıllık takip boyunca stabil kaldığını bildirmişlerdir.

Sökücü ve ark. (2010), yaptıkları akustik rinometrik çalışmada, RME ile nazal hacmin ve minimal kesitsel alanın önemli derecede arttığını, bu artışın pekiştirme sonunda da kalıcı olduğunu belirtmişlerdir.

RME'nin nazal kavitedeki etkilerini akustik rinometri ve rinomanometri ile değerlendirmek ayrıca nazal ve maksiller genişliği postero-anterior sefalometrik radyografi ile saptamak amacıyla ortodontik tedaviden 30 ay sonra yapılan bir çalışmada nazal maksiller genişlik önemli ölçüde artmasına rağmen RME'nin nazal rezistans üzerindeki etkileri 30 ay sonunda başlangıçtakine yakın değerlere dönmüştür (Matsumoto ve ark. 2010).

2.2.3. Rinomanometri Değerlendirmeleri

Stewart (1974), 17 hasta üzerinde yaptığı rinomanometre çalışmasında, dar maksiller arka sahip hastaların nazal dirençlerini önemli ölçüde yüksek bulmuş ve yerinde bir endikasyonla RME'nin sadece dar maksiller ark düzeltiminde değil aynı zamanda nazal dirençte de önemli bir azalma sağlayarak mevcut ağız solunumunun şeklini normal nazal solunuma dönüşmesini sağlayan bir metot olarak tarif etmiştir.

Turbyfill (1976), yaş ortalaması 12.5 olan 17 hastada RME'nin nazal direnç üzerindeki etkisini rinomanometrik ölçümler yaparak araştırmış, nazal dirençte önemli bir azalma ve nazal kavite genişliğinde önemli artışlar olduğunu ve bunun 1 yıl sonra alınan kayıtlarda da devam ettiğini bildirmiştir.

Timms (1986), RME uygulanan hastalarda nazal hava yolu direncini rinomanometri ile değerlendirmiş; bütün hastalarda nazal dirençte azalma saptamış, bunun da anterior nazal darlık nedeniyle ortaya çıkan artmış nazal havayolu direncinin tedavisinde RME kullanımını desteklediğini bildirmiştir.

Farronato ve ark. (2008), primer nörovasküler baş ağrısı şikayeti ve maksiller darlığı olan 41 hastada yaptıkları rinomanometri çalışmasında; nazal havayolu direncinin azaldığını, burun kaynaklı primer baş ağrılarının tetikleyicisi olan nörovasküler kompresyonun, ödemin ve doku hipoksisinin ortadan kalkmasıyla da baş ağrısında görülen azalmanın RME etkisine bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Monini ve ark. (2009), RME'nin septum deviasyonu, adenoid ve türbin hipertrofisi bulunan 12 yaşından küçük çocuklarda nazal akım ve nazal direnç üzerindeki kısa ve uzun dönem etkilerini rinomanometri ile incelemişler, maksiller darlık ve nazal havayolu tıkanıklığı bulunan vakalarda RME'nin nazofaringeal kavitedeki genişletici etkisiyle nazal solunumu arttırmakta etkin olduğunu, nazal hava yolunda ortaya çıkan gelişmenin 1 yıl sonunda stabil kaldığını belirtmişlerdir.

Halıcıoğlu ve ark. (2010), 8 kız, 7 erkek hastada hafızalı RME vidası ile yaptıkları RME'nin nazal hava yolu direnci ve maksiller dental ark üzerindeki etkisini inceledikleri rinomanometri çalışmasında nazal havayolu direncinin azaldığını bildirmişlerdir.

Bunların yanında Langer ve ark. (2011) ise, 7-10 yaş grubu hastalarda yaptıkları radyografik ve rinomanometrik çalışmada, RME'den hemen sonra nazal hava yolu direncinde önemli miktarda azalma olduğunu, ancak bunun 30 aylık takip sonunda stabil kalmadığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, RME'nin uzun dönemde nazal havayolu direnci ya da nazal hava yolu boyutları üzerinde etkisi olmadığını, nazal fonksiyonlar üzerindeki faydalarının genellenmemesi gerektiğini ve eğer ana amaç nazal hava yolunun rahatlatılması ise bu tedavinin adenoidektominin yerini alamayacağını bildirmişlerdir.

2.2.4. Bilgisayarlı Tomografi Değerlendirmeleri

Montgomery ve ark. (1979), RME'nin etkilerini BT ile incelemişler, nazal kavitedeki genişlemenin arka kısımlara doğru gittikçe azaldığını, esas genişlemenin anteroinferior kısımda olduğunu bu yüzden nazal kavitenin posterosuperior kısmında darlık olanlarda RME'den çok fayda beklenmemesi gerektiğini bildirmişlerdir.

İşeri ve ark. (1998), sonlu elemanlar analiziyle RME'nin kraniofasiyal kompleks üzerine olan etkilerini 3 boyutlu BT ile incelemişler, burun tabanında nazal kavitedeki genişlemenin önemli olduğunu belirtmiş, nazal kavitenin posterosuperior bölümünde mediale doğru hareket gözlemlemişlerdir.

Palaisa ve ark. (2007), RME ile nazal kavitedeki değişiklikleri BT kullanarak incelemişler, tedavi başı ve ekspansiyon sonrası dönemde nazal kavitenin sağ-orta bölümü dışında kalan yerlerinde, ekspansiyon sonu ve pekiştirme sonu dönemde ise tüm bölümlerinde alan ve hacim artışı saptamışlardır. Ayrıca 3 aylık pekiştirme dönemi sonunda nüks görülmediğini ve hava yolu direncindeki azalmanın devamlılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Garrett ve ark. (2008), RME'nin iskeletsel etkilerini "cone-beam" BT ile incelemiş ve nazal kavitenin genişlediğini göstermiştir.

Haralambidis ve ark. (2009), RME'nin nazal kavite hacmi üzerindeki etkisini BT ile incelemişler, eşlik eden transvers maksiller darlık bulunmadıkça, tek başına RME'nin nazal kavite hacmini arttırabileceği ve nazal solunumu geliştirebileceği düşüncesinin savunulmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ballanti ve ark. (2010), düşük doz BT ile yaptıkları çalışmada RME ile nazal kavitede önemli miktarda artış saptamış ve bu artışın 6 aylık pekiştirme dönemi sonunda kalıcı olduğunu belirtmişlerdir.

Christie ve ark. (2010), RME uygulanan hastalarda yaptıkları BT incelemesinde, 2. süt molar ve 1. daimi molarlar seviyesinde önemli ölçüde nazal genişlik artışı bulduklarını bildirmişlerdir.

Zhao ve ark. (2010), RME uygulanan hastalarda "cone-beam" BT ile orofarengeal havayolu hacmini değerlendirmişler, hava yolu hacminin, büyümesi

devam eden maksiller darlığı olan çocuklarda maksiller darlığı olmayanlara göre anlamlı ölçüde daha az olduğunu bulmuşlardır. RME'den sonra 1. büyük azılar arası genişliğin artmasıyla, orofarengeal havayolu hacminin de artacağını destekleyen bir kanıt olmadığını belirtmişlerdir.

Görgülü ve ark. (2011), yaş ortalaması 13.86 olan 15 hastada yaptıkları BT incelemesinde, RME'nin nazal kavite hacmini arttırmak amacıyla kullanılabilir faydalı bir metod olduğunu belirtmişlerdir.

Ribeiro ve ark. (2011), nazal kavite, nazofarenks ve orofarenksi "*cone-beam*" BT ile değerlendirmişler, nazal kavitede önemli miktarda transversal genişlik artışı olduğunu ancak nazofarenks hacminde değişiklik olmadığını tesbit etmişlerdir. Orofarenkste saptanan değişikliklerin nedeninin de baş eğimi, dil postürü, nefes alma ve yutkunma hareketlerinin hastalar arasında standardize edilememesi olabileceğini belirtmişlerdir.

2.3. Solunum Sistemi

Solunum vücut hücrelerinin gereksinimi olan oksijenin (O_2) dış ortamdan alınıp, kana verilmesi ve hücrelerde oluşan karbondioksitin (CO_2) kandan alınarak dış ortama verilmesi ile gerçekleşir. Bunu sağlayan sisteme solunum sistemi adı verilir. Solunum yolları, sırasıyla, burun, ağız, yutak (farinks), gırtlak (larinks), soluk borusu (trakea), hava yolları (bronşlar ve bronşiyoller) ve hava keseciklerinden (alveoller) oluşur (Solomon 2000).

Solunum, dış ve iç solunum olmak üzere ikiye ayrılır. Dış solunum, bir bütün olarak bedene oksijen alınıp karbondioksitin atılması işlemidir. İç solunum ise, hücreler ve hücreler arası sıvı arasındaki gaz değişimleri ile oksijen kullanımı ve karbondioksit üretimi işlemidir (Feinstein ve ark. 1996; Günay 1998).

2.3.1 Egzersiz ve Solunum Sistemi

Akciğerin en önemli görevi, dokulara gereken oksijenin sağlanması ve dokularda oluşan karbondioksitin uzaklaştırmasıdır. Özellikle aerobik enerji yollarının devrede olduğu dayanıklılık egzersizleri sırasında, kas dokusunun artan iş yükünün karşılanabilmesi için çok daha fazla oksijene ihtiyaç duyulur. Bu süreç, akciğer ile kan ve kan ile kas dokusu arasındaki gaz alışverişinin artmasını beraberinde getirir. Fiziksel egzersizlerde kasların oksijen ihtiyacı arttığına göre bu ihtiyacı karşılayacak dolaşım ve solunum sistemlerinin de duruma fizyolojik bir uyum göstermesi doğaldır. Dokuların oksijen ihtiyacı arttıkça buna paralel olarak solunum sisteminin organizmaya sağladığı oksijen artar ve bu oksijeni dokulara taşıyacak olan dolaşım sisteminin faaliyeti de o oranda artar. Fakat bu artmalar belli bir noktaya kadar linear şekilde beraber yürüdüğü halde belli bir noktadan itibaren solunum aktivitesinde artma devam etmesine, yani organizmaya fazla oksijen sağlanmasına karşın kasların artık oksijen kullanmaları artmaz, belirli maksimal bir düzeyde kalır (VO_{2maks}) (Comroe 1976).

2.3.2. Egzersizin Solunum Sistemine Olan Etkisi

Aerobik enerji yollarının devrede olduğu dayanıklılık egzersizleri sırasında, kas dokusunun artan iş yükünün karşılanabilmesi için çok daha fazla oksijene gereksinim duyulur. Egzersiz sırasında aktif dokuların oksijen ihtiyaçlarının karşılanabilmesi ve oluşan karbondioksitin uzaklaştırılabilmesi için sistemik dolaşım ile akciğerlere ulaştırılıp

atmosfere verilmesi gerekir. Kas hücresinin egzersiz sırasında artan gaz değişim ihtiyacını tam olarak karşılayabilmesi için akciğerler, pulmoner dolaşım, kalp ve periferik dolaşımın fizyolojik düzenekleri arasında tam bir uyum olmalıdır. Kardiyopulmoner egzersiz testi işte bu noktada tam olarak kontrol edilebilen metabolik stres koşulları yaratılarak hücrel (kas lifleri) kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin tümünün aynı anda sınanmasına olanak sağlar (Freedson ve Goodmann 1993; Günay ve Cicioğlu 2001).

Egzersize verilen solunumsal tepkiler daha önce Wasserman ve ark. (1999) tarafından ortaya konulmuştur. Bilindiği gibi fiziksel aktivitenin başlaması ile birlikte ventilasyonun üç aşamalı bir artışı gözlenmektedir. İlk gözlenen ve oldukça belirgin olan ventilasyon artışını ventilasyonun derinliğinde ve hızında meydana gelen ikinci bir artış ve ventilasyonun stabil bir düzeye ulaştığı üçüncü artış takip eder (Frank ve Jason 2003).

Egzersiz başlamadan ve herhangi bir kimyasal uyarılma olmadan önce motor korteks daha aktif bir duruma geçerek solunum merkezine sinyaller gönderir ve solunum artırılır. Aynı zamanda aktif iskelet kaslarından ve eklemlerden geri gelen proprioseptif bilgilere ek olarak solunum merkezinin aktivitesinin düzenlemesine katkıda bulunurlar (Wilmore ve Costil 1999; McArdle ve ark. 2002).

Ventilasyonda daha aşamalı olarak gerçekleşen ikinci artış ise arteriyel kanın kimyasal durumu ve ısısına bağlı olarak meydana gelen artıştır. Egzersiz ilerledikçe artmış olan metabolizma daha fazla ısı, CO₂ ve hidrojen üretmektedir. Bu durum vücudun kimyasal reseptörleri tarafından algılanmakta ve inspirasyon merkezinden solunum hızı ve derinliği artırılmaktadır (Frank ve Jason 2003). Buna ek olarak kalbin sağ ventrikülünde bulunan gerilme reseptörleri inspiratuvar merkeze sinyaller göndermektedir. Yani artmış bir kalp debisi egzersizin ilk dakikalarında solunumu uyarmaktadır (Wilmore ve Costil 1999).

Üçüncü ve son aşamada ise ventilasyon sabit bir seviyeye ulaşır ve egzersiz bitiminde normale döner. Bu geri dönüş aşamasında egzersizin şiddeti, süresi ve bireyin kondisyon seviyesi önemli rol oynar (Wilmore ve Costil 1999).

Fiziksel aktivitenin başlaması ile dakika solunum sayısı ve tidal hacim artışı egzersizin gerektirdiği metabolik ihtiyaçları karşılamak için önemlidir. Maksimum egzersiz sırasında tidal hacimde meydana gelen artış, vital kapasite ve diğer akciğer kapasitelerinde olduğu gibi bireyin boyuna, yaşına ve cinsiyetine göre değişir. İstirahatte

500 ml olan tidal volüm egzersizde 2.5-3 lt'ye ulaşır. Solunum frekansı da artarak 40-50'ye yükselir. Böylece istirahatte yaklaşık 6 lt/dk olan dakika ventilasyonu egzersizde 150 lt/dk'nın üzerine çıkar (Wassermann ve ark. 1999).

2.3.3. Solunum ve Aerobik Performans

Bugüne kadar solunumun aerobik performansı sınırladığına dair görüşler yer almış olsa da bazı özel durumlar dışında solunum aerobik performansı sınırlayıcı bir faktör değildir. Yaşlı bireylerdeki düşük solunum oranı maksimal O₂ alımını sınırlayabileceği gibi, yükseltiye bağlı olarak ortaya çıkan hipoksik şartlarda, solunum için aerobik performansı sınırlayıcı bir faktördür. Bunlara rağmen genel olarak solunumun aerobik performansı sınırlamadığı kabul edilmektedir. Aşağıda açıklanan bilgiler de bunu doğrulamaktadır (Günay ve Cicioğlu 2001).

- Egzersizde ventilasyon 6 lt/dk'dan 200 lt/dk'ya (yaklaşık 33 kat) artarken, dolaşım yani kalpten pompalanan kan miktarı (kalp debisi) yaklaşık 5 lt/dk'dan 30 lt/dk'ya (6 kat) yükselir.
- Egzersizde O₂ kullanımı da artar. Dinlenik durumda dokuda 250 ml/dk O₂ kullanılırken bu oran egzersizde 5 lt/dk'ya kadar yükselir.
- Egzersiz sırasında solunum MVV (Maximum Voluntary Ventilation= Maksimum İstemli Solunum) düzeyine ulaşamaz. MVV'nin ancak %75'i gibi bir düzey egzersizde kullanılmaktadır. Dolayısıyla en zorlu egzersiz sonrasında bile daha fazla solunum yapabilecek şartlar akciğerde her zaman vardır.
- Dinlenik durumda alveollerden kana O₂ difüzyonu 23 ml/dk iken bu oran egzersizde 80 ml/dk'ya çıkar (Ergen ve ark. 1993).

Bu bilgilerin ışığında solunum sisteminin anormal şartlar dışında dokuların O₂ ihtiyacını karşıladığı, hatta kullanılabilenden daha fazlasını akciğerlerde bulundurduğu, dolaşım sisteminin kapasitesine bağlı olarak dokulara O₂ taşındığı kabul edilmektedir. Bu nedenlerle aerobik performans solunum değil dolaşım sistemi tarafından sınırlanmaktadır (Guyton ve Hall 2001; Günay ve Cicioğlu 2001; Gonang 2002).

2.4. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

Kardiyopulmoner Egzersiz Testi ile atletik performansın derecesi, fiziksel antremana verilen cevapların değerlendirilmesi, organizmanın metabolik durumu, kardiyak,

pulmoner, nöromusküler sistemlerin fonksiyonel kapasitelerinin değerlendirilmesi yoluyla farklı patolojilerin aydınlatılması amaçlanır. Egzersiz, iskelet kaslarının artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla oksijenin atmosferden alınıp mitokondrilere taşınması sırasında oluşan olayların koordine bir şekilde birbirini takip etmesiyle normal bir şekilde tamamlanır. KPET kardiyovasküler ve pulmoner sistemlerin aynı anda cevaplarını ortaya çıkarır. Genel olarak kardiyovasküler cevap, ölçülen oksijen alımına karşılık gelen kalp hızındaki değişikliklerle, solunum cevabı ise dakika ventilasyonu ile değerlendirilir (Wasserman 1999; Cooper ve Storer 2003).

KPET günümüzde oldukça modern ve gelişmiş cihazlarla yapılmaktadır. Bu cihazlar egzersize katılan organların ayrıntılı fizyolojik değerlendirilmesine imkan vermektedir. Bu cihazlar; verilerin kaydedilip değerlendirilmesini ve saklanmasını sağlayan bilgisayar, egzersizin yapılacağı koşu bandı veya bisiklet ergometresi, gaz konsantrasyonlarının ölçülebilmesi için metabolik analizör, akım ve volümlerin ölçülebilmesi için akım sensörleri, EKG takibi için monitör ve pulse oksimetredir (Casaburi ve ark. 1997).

Egzersiz testi ile egzersize katılan organlara belirli bir miktar stres uygulanır. Bu nedenle egzersiz testleri büyük kas gruplarını özellikle de alt ekstremitte kaslarını ilgilendirir. Uygulanan egzersiz testi sırasında yapılan işin miktarının belirlenebilmesi önemlidir. İş yükünün sürekli ve düzenli olarak arttığı protokoller, kısa sürede tolere edilebilir şiddette egzersiz yaptırabilmek için oldukça yararlıdır. Bu amaçla iki tür alet kullanılabilir. Bunlardan biri koşu bandı diğeri ise bisiklet ergometresidir (Casaburi ve ark. 1997).

Koşu bandında yük; yürüme yüzeyi, hızı ve eğimi ile belirlenir (Casaburi ve ark. 1997, Weber ve Fishman 1998). Koşu bandının avantajları arasında, yürüyüşün bir çok hasta için alışık oldukları bir egzersiz olması, kalibrasyonunun kolay olması, bisiklet ergometresine göre çok daha fazla kas grubunu çalıştırması ve daha fazla fiziksel stresin ortaya çıkmasını sağlaması sayılabilir. Sonuç olarak, koşu bandı ile yapılan maksimum egzersizde ölçülen maksimum O_2 tüketimi (VO_{2maks}) bisiklet ergometrisi ile elde edilenden % 5-10 daha fazladır (Weber ve Fishman 1998).

Koşu bandının dezavantajları ise; hareket kaynaklı parazit olması, dış ortamdan kaynaklanan gürültünün fazla olması, laboratuvarında daha geniş alan ihtiyacının olması, cihazın taşınmasının zor olması, göreceli olarak daha pahalı olması, daha fazla güvenlik önlemi alma gereksinimi, düşme riski, testi sonlandırmanın zorluğu ve yapılan işin tam olarak doğru ölçülememesidir. Koşu bandının kullanımı bireylerde endişe yaratır. Bu nedenle istirahat koşullarındaki fizyolojik ölçümleri etkiler ve / veya korku nedeniyle bireyin maksimal eforla sınırlarını zorlayamamasına neden olur (Weber ve Fishman 1998).

Bisiklet ergometresinde yük; pedal rezistansı ve pedal çevirme hızı ile belirlenir. Bu sayede iş yükü kilo, boy ve yaşa göre istirahat O_2 harcaması göz önünde bulundurularak hesaplanır. Bütün bisiklet ergometrelerinde bireye pedal frekansı hakkında bilgi veren bir göstergenin bulunması gerekir. Sele yüksekliğinin doğru ayarlanıp kaydedilmesi bireyin konforu yanında test sonuçlarının tekrarlanabilmesi açısından önemlidir. Tipik olarak sele yüksekliği pedala basarken ayak tabanı ile pedal kolu vertikal olarak düz pozisyona getirildiğinde dizde hafif bir bükülme olmasını (5-15 derecelik diz fleksiyonu) gerektirir. Bu pozisyonun kolay ayarlanabilmesi için bireyin bisiklet ergometrisi yanında ayakta dururken selenin en üst noktasının torakanter major ile aynı hizaya getirilmesi gerekir. Daha sonra birey seleye oturur ve pedal en alt seviyede iken ayak tabanı ile pedala basılır. Dizin belirtilen açıda olması durumunda oturak yüksekliğinin ayarlanmış olduğu kabul edilir (Weber ve Fishman 1998).

Bisiklet ergometresinin daha ucuz olması ve daha az yer tutması gibi avantajlarına ilaveten saturasyon takibinin kolay olması, daha az düşme riskinin bulunması, EKG ölçümlerinin parazit olmadan daha iyi yapılabilmesi ve yapılan eksternal işin daha doğru değerlendirilebilmesi gibi avantajları da vardır. Ayrıca hastalar istedikleri zaman durabileceklerini bildikleri için kendilerini daha güvende hissederler. Bu da test sırasında güvenlik ve kontrol için daha az gözetmene ihtiyaç duyulmasını sağlar (Weber ve Fishman 1998).

Bisiklet ergometresinin dezavantajları ise daha az kas kütesinin egzersize katılması nedeniyle VO_{2maks} 'ın daha düşük olması, doğal olmayan bir fiziksel aktivite olması nedeniyle bacak yorgunluğunun kardiyopulmoner sınırlamaya ulaşılmadan ortaya çıkması, iyi bir uyum ve koordinasyon gerektirmesi sebebiyle de bazı hastalar için daha zor olmasıdır (Weber ve Fishman 1998).

2.4.1. Çocuklarda Egzersiz Testinin Kullanıldığı Durumlar

- 1-Egzersizin tetiklediği özgül semptomların ya da bulguların değerlendirilmesi,
- 2-Kardiyak ya da non kardiyak bozukluklarda egzersize anormal adaptif yanıtların tanımlanması,
- 3-Medikal ya da cerrahi uygulamaların etkinliğinin değerlendirilmesi,
- 4-İş, eğlence ve atletik gereksinimler için fonksiyonel kapasitenin değerlendirilmesi,
- 5-Özgül bir bozukluğun prognozunu tahmin etmek,
- 6-Tüm fiziksel sağlık düzeylerinin değerlendirilmesi (James ve ark. 1982; Washington ve ark. 1994; Adams 1997).

2.4.2. Egzersiz Testi Protokolleri

2.4.2.1. Submaksimal Testler

Submaksimal testler hem performans egzersiz testleri hemde klinik egzersiz testleri için uygundur. Sahada veya laboratuvarında yapılabilirler, yükleri artan şekilde veya sabit olabilir, fakat maksimal egzersiz kapasitesini direkt olarak tayin etmezler. Bisiklet ergometresi kullanılarak yapılan kademeli artan yük testlerinde VO_2 'nin tahmini tamamen doğru ergometre yüklerinin seçilmesine ve kalp hızının doğru ölçülmesine bağlı olduğu için bunları sağlamaya azami dikkat gösterilmelidir. VO_{2maks} tahmin testlerinde hata genellikle %10-15 arasındadır ama %25'e kadar çıkabilir (Rosenthal ve Bush 1998; Paridon ve ark. 2006).

Doğruluk dışında submaksimal bisiklet testlerinin tekrarlanabilirlikleri de iyidir, bu yüzden değişiklikleri takip etmekte kullanılırlar. Çok aşamalı “*Young Men's Christian Association*” bisiklet ergometresi testi uygunluk tayini için en yaygın kullanılan testlerden birisidir. Test dört adet 3 dakikalık aşamalardan oluşur. Bu esnada yük kalp hızına bağımlı bir protokole göre arttırılır. Submaksimal koşu bandı testleri için özgülüğü açısından avantajlı olabilir. Genellikle maksimal kalp hızının %85'inde sonlanmalarına rağmen Bruce ve Balke protokolleri sıklıkla kullanılır. Bruce ve modifiye Bruce genellikle kardiyologlar tarafından tercih edilir. Her biri 3 dakikadan oluşan dört evresi vardır. Her bir evrede yapılan iş 50 watt gibi miktarlarda artar. Bu hastalar için çok ağır olmakla beraber kalp hastalıklarını ortaya çıkarmak için iyi bir metabolik strestir. Balke protokolünde ise hız sabit olup eğim artar (Paridon ve ark. 2006).

Submaksimal sabit yük testleri VO_{2maks} 'ı tahmin için VO_2 ile kalp hızı arasındaki ilişkiye dayanırlar. VO_{2maks} 'ın tayini için submaksimal sabit yük koşu bandı egzersiz testleri yaygın değildir (Paridon ve ark. 2006).

2.4.2.2. Maksimal Testler

Maksimal testler de performans egzersiz testleri veya klinik egzersiz testleri için kullanılırlar. Sahada veya laboratuvarında uygulanabilirler. Maksimal egzersiz testleri, egzersiz performansını ve aerobik kapasiteyi ölçmek için en fazla bilgiyi sağlar. Gerçek maksimal bilgi alındığı için VO_{2maks} daha iyi tahmin edilebilir. Eğer, gaz değişim ölçümleri için gerekli cihazlar da eklenirse testin yorumlanmasında önemli olan diğer değişkenlerle birlikte, aerobik kapasitenin (VO_{2maks}) ölçümü de yapılabilir. İstirahatten maksimal efora kadar cevap değişkenleri gözlenebilir ve kaydedilebilir (Paridon ve ark. 2006).

Maksimal egzersiz testleri çok büyük ölçüde kişinin efor kapasitesine ve yüksek yoğunlukta egzersizin verdiği rahatsızlığa dayanmasına bağlıdır. Maksimal egzersiz testinin son noktası yorgunluğu (tükenme) ve çeşitli belirtileri içerir. Tipik sınırlayıcı belirtiler kas rahatsızlığını, nefes daralmasını, göğüs ağrısını, kladikasyonu (aralıklı bacak ağrısı), kas zorlanmasını ve krampları, yeterli pedal hızını devam ettirememeyi veya koşu bandı kayışı ile korele ritmi tutturamamayı içerir. Kademeli artan egzersiz protokolleri ventilatuvar, kardiyovasküler ve kas iskelet fonksiyonlarının birarada tayini için en sık kullanılan laboratuvar testleridir. Bu testlerin dereceli (yük yoğunluğu zamanla artar) ve maksimal egzersize veya testin sonlandırılmasını gerektiren belirtilerin ortaya çıkışına kadar devamlı olma özellikleri vardır (Rosenthal ve Bush 1998; Paridon ve ark. 2006).

Her aşamadaki metabolik maliyete, aşamaların süresine ve toplam test süresine göre değişen çeşitli inkremental test tipi bulunmaktadır. İki yaygın test tipi basamak ve rampa testleridir (Rosenthal ve Bush 1998; Paridon ve ark. 2006).

2.4.2.3 Basamak Testi

En çok kullanılanı basamaklı artan protokoldür. Basamak testleri tipik olarak 1, 2 veya 3 dakika süreli aşamalardan oluşan, yükte farklı artışların ortak özelliğini kullanır. Artışlar tipik olarak 5-50 W arasındadır. Bu testte hastalar 3 dakika bazal ölçüm için sabit

kalırlar. Sonraki 3 dakika pedala herhangi bir direnç uygulamadan boşta çevirirler ve daha sonra iş yükü dakikada 5-25 watt arasında arttırılır. Bu sırada pedal dakikada 50-70 arasında çevrilmelidir (ideal olarak dakikada 60 tur). Hafif hastalarda pedala 25 watt/dakika, ağır olanlarda ise 5 watt/dakika direnç uygulanmalıdır. Egzersizin maksimal veya submaksimal olduğuna kalp hızına bakılarak karar verilir. Maksimum olması için gerekli kalp hızı “220 - yaş” formülü ile hesaplanır. Bunun % 80’ine ulaşılması maksimum olması için yeterlidir (Rosenthal ve Bush 1998).

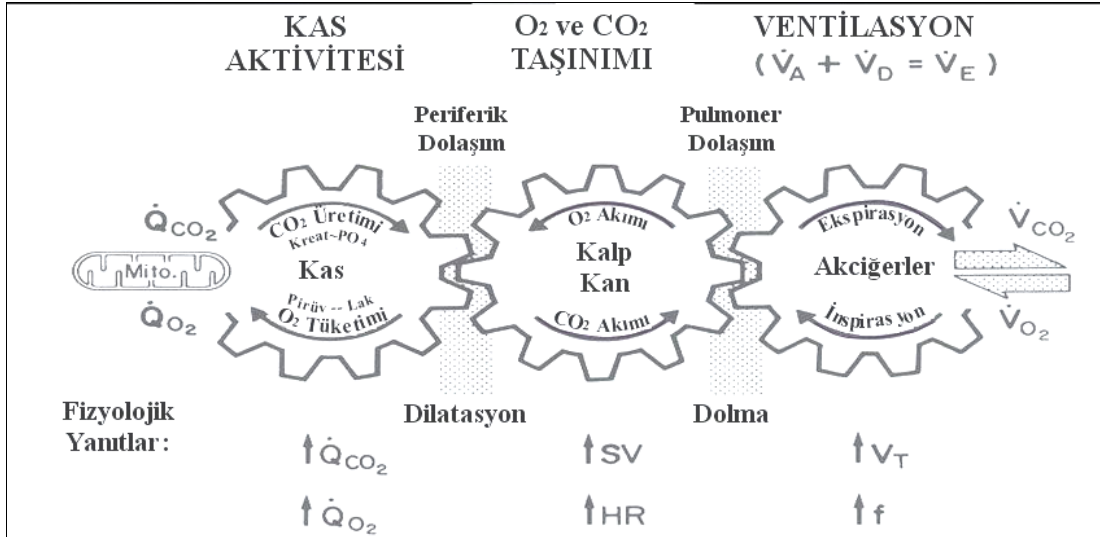
En yaygın kullanılan koşu bandı protokolü Bruce protokolünde, 3 dakikada bir basamak şeklinde hem hız hem de eğim artar. Orjinal Balke protokolünde ise her dakika eğimin arttığı bir sabit hız uygulanır (Rosenthal ve Bush 1998; Paridon ve ark. 2006).

2.4.2.4. Rampa Testi

Rampa protokolünde yük egzersiz boyunca devamlı şekilde küçük miktarlarda artar. Yükün bu şekilde kontrolü genellikle ergometrenin voltaj sinyalini kontrol eden programlanabilir bir mikroişlemci ile sağlanır. Yükteki küçük artışlar her saniyede elde edilebilir. Bu da test boyunca düzgün yük geçişlerine izin verir. Bu tarz bir yük artışı egzersiz testini yorumlamak için kullanılan fizyolojik değişken örneklerinin tanınmasını kolaylaştırır. Bisiklet ergometresi testlerinde rampa protokolleri daha yaygın olmasına karşın bazı koşu bandı üreticileri de bu fonksiyonu sağlamaktadır. Tipik bisiklet ergometresi protokolleri dakikada 5-50 W’lık rampa artışları sağlar (Rosenthal ve Bush 1998; Paridon ve ark. 2006).

2.5. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Parametreleri

Egzersize cevapta en önemli rolü olan sistemler solunum sistemi, dolaşım sistemi ve kaslardır. Bu testlerin değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında kullanılan birçok parametre özellikle bu organların fonksiyonlarını yansıtmaktadır. Şekil 1’de Wasserman’ın klasik dişliler şemasında bu üç organda O₂ transferi görülmektedir (Wassermann ve ark. 1999).



Şekil 1 Egzersizde Kas, Kalp ve Akciğer işleyişi (Wassermann ve ark. 1999).

Egzersiz Süresi (ES): Egzersiz kapasitesinin göstergesi olup, kişinin yapabildiği maksimum egzersiz süresidir. Isınma periyodu hariç total egzersiz süresini gösterir. Ölçü birimi dakika veya saniyedir (Cooper ve Storer 2003).

2.5.1. Metabolik Parametreler

İş Yüğü (W) : Gerçekleştirilen işin yükü. Birimi Watt'dır. Egzersizin şiddetini ifade etmek için kullanılır, en sık kullanılan birimi Watt'dır. Egzersiz testlerinde primer amaç artan iş yüküne karşı organizmanın karşı koyabilme potansiyelinin yani fiziksel performansın ölçülmesidir. İnsan vücudu çok değişik koşullar içinde artan iş yükleriyle karşı karşıya kalabilir. Laboratuvar da bu koşulların kontrollü olarak sağlanması şiddeti (iş yükü) giderek artan egzersizlerle mümkün olur.

VO₂ (ml/kg/dk): Dakikada kullanılan oksijen miktarı.

Maksimum Oksijen Tüketimi (ml/kg/dk) (VO_{2maks}): Kademeli artan egzersiz protokolü uygulandığında erişilen ve ölçülebilen oksijen alımının en yüksek değeridir. Bireyler arasında karşılaştırma yapmak amacıyla bir dakikada vücudun kilogramı başına düşen O₂ (ml/kg/dk) miktarı olarak ifade edilmektedir (Bassett ve Howley 2000). VO_{2maks} aynı zamanda aerobik kapasitenin en iyi göstergesidir. Hastanın yaptığı iş artarken VO₂ artmıyor, sabit kalıyorsa VO_{2maks}'a ulaşılmış demektir. Beklenen VO_{2maks} seviyesine ulaşılması aerobik kapasitenin değerlendirilmesi için önemli bir kriterdir. VO_{2maks} bireyin kardiyorespiratuvar dayanıklılığını ifade eder. VO_{2maks} değerinin plato çizmesi

değerlendirmede ideal ve güvenli olandır. Ancak bu plato her zaman görülmez ve bu durum her zaman hastanın yeterli veya maksimal egzersiz yapmadığı anlamına gelmez (Saltin ve Astrand 1967). Çocuklara uygulanan maksimal egzersiz testlerinde yeterli motivasyona rağmen testi istemli olarak bırakan bireylerin oksijen tüketiminde plato oluşmaksızın üst sınırlara ulaştığı gözlenmiştir (Cooper ve ark. 1984; Rowland ve Cunningham 1992; Armstrong ve Welsman 1994; Armstrong ve ark. 1996). VO_{2maks} değeri maksimum kalp debisi, alveoler ventilasyon, arteriyel kanın oksijen içeriği, dokuların oksijen kullanma kapasitesi, çalışan kaslara kan dağılımı tarafından belirlenir (di Prampero 1999). Ayrıca bireyden beklenen oksijen sarfiyatı tepe değeri yaşa, cinsiyete, bireyin kondisyon seviyesine, yapılan egzersize, vücutta bulunan yağlı dokunun yağsız dokuya oranına, coğrafi bölgeye ve belirlenemeyen klinik durumlara göre de değişiklik gösterir (Akgün 1996). VO_{2maks} değerinin normal şartlar altında düşüş göstermesi kas hücresi ve atmosfer arasında oksijen ve karbondioksitin taşınmasını gerektiren organ sistemlerinde veya iskelet kas fonksiyonlarını etkileyen bir hastalık nedeniyle görülür (Wassermann ve ark. 1999).

Zirve Oksijen Tüketimi (ml/kg/dk) (VO_{2pik}): Klinik pratikte plato gözlenmeksizin hastanın ulaştığı bu VO_2 değerine VO_{2pik} değeri adı verilir. Yaygın olarak kullanılan ve VO_2 'deki platoyu ifade eden VO_{2maks} teriminden çok, çocuklarda VO_{2pik} teriminin eş anlamlı olarak kullanılmasının daha uygun olacağı belirtilmektedir (Armstrong ve ark. 1991; Armstrong ve Welsman 1994; Armstrong ve ark. 1996; Yu ve ark. 2010).

Önemli olan ulaşılan değer maksimum veya pik değer olduğundan emin olunmasıdır. Bunun göstergesi olan bazı klinik görünüm ve ulaşılmaması gereken parametre değerleri vardır. Hastanın gerçekten egzersize devam edemeyecek görünümde, bitkin, tükenmiş olması, klinik görünüm olarak maksimal veya pik egzersize ulaştığının göstergesi olarak kabul edilmektedir (Rutenfranz ve ark. 1990). Nabız ve dakika ventilasyonunun beklenen değerlere yakın olması, kan laktat düzeyinin 8 mEq/l'ten fazla olması, R'nin (solunum değişim oranı: CO_2 üretiminin O_2 tüketimine oranı) 1'in üzerinde olması kişinin maksimal düzeyde efor harcadığını gösterir (Adams 1997). VO_{2maks} değerinin beklenen değerin %84'üne ulaşmış olması genellikle maksimum egzersiz kapasitesinin alt sınırı olarak kabul edilir (Wasserman ve ark. 1999).

2.5.2. Kardiyovasküler Parametreler

Kalp hızı (KH) (atım/dk) : Dakikadaki ventrikül atım sayısı. Egzersize başlanıldığında egzersiz şiddetinin artışı ile birlikte kalp atım sayısı da artış gösterir ve bu artış maksimum noktaya ulaşıncaya kadar devam eder (Stickland ve ark. 2004).

Maksimum kalp hızı yükü kademeli olarak artan egzersiz sırasında ölçülen en yüksek kalp hızı veya nabız hızıdır. Maksimum kalp hızı en iyi şekilde yükü kademeli artan egzersiz sırasında devamlı kaydedilen elektrokardiyogramda R-R intervalleri ile ölçülen önemli bir değişkendir. Maksimum kalp hızı “220 - yaş” şeklinde hesaplanır. Kalp hızının yaş ile ilgili beklenen değerlerine ulaşılması, maksimal eforu ve VO_{2maks} kabiliyetini yansıtır (Wasserman ve ark. 1999).

O_2 Pulse (ml/atım) (VO_2/KH): Nabız oksijeni demektir. Kalbin her atımı ile pulmoner kan akımına eklenen veya periferik dokulara verilen oksijen miktarını gösterir. Atım volümü ve arteriyo-venöz O_2 gradiyentinin bir ürünü olması nedeniyle önemli bir parametredir. Maksimal egzersize rağmen beklenen değerlerin %80’inden az olması anormal kabul edilir. Kişilerin formda olmaması bu parametrede düşmeye neden olurken, aerobik antrenman yapılması artmaya neden olur. Oksijen pulse için önerilen standart değer >%80’dir. Birimi ml/atım’dır (Wasserman ve ark. 1999).

Yüzde kalp hızı (Yüzde KH): Egzersiz sırasında ulaşılan maksimum kalp hızının bu formül ($220 - \text{yaş}$) sonucunda ulaşılması beklenen maksimum kalp hızına oranının yüzde olarak ifadesidir (Cooper ve Storer 2003).

2.5.3. Respiratuar Parametreler

Dakika ventilasyonu (lt/dk) (VE): Bir dakika içinde akciğere alınan veya verilen hava miktarına denir. Çoğunlukla bir dakikada çıkarılan hava miktarı ile tayin edilmektedir. Tidal volümle solunum sıklığının çarpımıdır. Yaş, cinsiyet, vücut yüzeyi, iklim, sıcaklık gibi çevre şartları, kişinin kondüsyon düzeyi gibi etkenlere bağlı olarak değişiklik gösteren dakika ventilasyonu istirahatte 6 lt/dk kadardır. Belli bir iş yükü veya belli bir oksijen tüketimi için dakika ventilasyonu normal değerlerden tahmin edilebilir. Belli bir iş yükü için aşırı ventilasyon, hem respiratuar hem de kardiyak hastalıkta gözlenebilir. Birimi lt/dk’dır (Wasserman ve ark. 1999; Cooper ve Storer 2003).

Oksijen için solunum eşitliği (VE/VO₂): Yükü kademeli olarak artan egzersizde dakika ventilasyon ile VO₂ arasındaki ilişkiyi ifade eden eğridir. Dokularda harcanan oksijen miktarının (VO₂) solunan havanın hacmine (VE) olan oranıdır ve solunum ekonomisinin bir göstergesidir. Bu değer, harcanan her bir litre O₂ için solunan havanın miktarı ölçülerek belirlenir. Bu ilişki non-lineer olup yükü kademeli olarak artan egzersiz süresince yükselir. VE/VO₂'nin en düşük olduğu nokta laktik asidozun başladığı noktayı gösterir (Wasserman ve ark. 1999).

Solunum frekansı (Sf) : Dakika başına gerçekleştirilen solunum siklus (soluk) sayısı. Normal sağlıklı bir insan bir dakika boyunca ortalama olarak 12-15 defa soluk alıp verir. Birimi soluk/dk' dır (Wasserman ve ark. 1999).

Tidal volüm (VT): Tek solunumda alınan hava hacmidir. Rutin olarak tidal volüm, ekspire edilen hava hacmi olarak tanımlanır. Birimi litre veya mililitredir. Normal istirahat tidal volümü vücut boyutlarına göre ve solunumdan solunuma değişir. Egzersiz sırasında tidal volüm non-lineer bir artış gösterir ve yaklaşık % 70 VO_{2maks} değerinde, vital kapasitenin yaklaşık %50-60 değerine eşitlendiğinde plato çizmeye başlar. Tidal volümün egzersize karşı yanıt şekli dispnenin etyolojisini gösterebilir (Cooper ve Storer 2003).

İnspirasyon zamanı (Ti): İnspirasyon için harcanan zamandır. Birimi sn'dir (Cooper ve Storer 2003).

Ekspirasyon zamanı (Te): Ekspirasyon için harcanan zamandır. Birimi sn'dir (Cooper ve Storer 2003).

Ölü boşluk tidal volüm oranı (VD/VT): Fizyolojik ölü boşluğun tidal volume oranıdır. Egzersiz sırasında akciğerlerdeki ventilasyon perfüzyon dengesizliğini yansıtan değerli bir parametredir. Solunum sistemi iki yönlü bir pompa gibi çalıştığı için her solukta bir miktar hava kullanılmayarak ölü boşluk oluşturur. Ölü boşluk tidal volüm oranı her soluk almada boşa giden hava miktarıdır. İki hacmin birbirine oranı olarak ölçü birimi yoktur. VD/VT'de artma ölü boşluk solunumunda artma olduğunu ve ventilasyonun etkinliğinin azaldığını gösterir. İstirahatte ölü boşluk tidal volüm oranı %33 olur. Normal olarak yükü kademeli olarak artan egzersizde ölü boşluk tidal volüm oranı en düşük değeri olan %15-20'ye erişinceye kadar düşer. Ölü boşluk tidal volüm oranının normal değerinde olması akciğerlerde ventilasyon ve perfüzyonun yeterli olup olmamasına bağlıdır. Bu oran

normal kişilerde istirahatte 0.3-0.4 iken maksimum egzersizde 0.19-0.21'e kadar düşebilir. Solunum sistemi patolojisi olanlarda ise istirahatte normal veya yüksek olup egzersizde de normal düşme cevabını göstermeyebilir, hatta artabilir. Obezitede ve formda olmayan kişilerde egzersize VD/VT cevabı normaldir (Wasserman ve ark. 1999; Cooper ve Storer 2003).

2.6. Kardiyolojik Değerlendirme Yöntemleri

2.6.1. Elektrokardiyografi (EKG)

Elektrokardiyografi, ritm bozukluklarının yanısıra birçok kongenital ve edinsel kalp hastalıklarının tanısında kullanılan güvenilir bir yöntemdir.

Elektrokardiyografi kaydı için kullanılan bağlantılar:

a. Üst ve alt ekstremite elektrotları: El ve ayak bileklerine yapıştırılır.

b. Göğüs derivasyonları: Kayıtlarda, dünyadaki tüm kardiyoloji dernekleri tarafından kabul edilmiş olan altı adet göğüs derivasyonu kullanılır. (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011).

2.6.2. Ekokardiyografi

Ekokardiyografi çoğu kalp hastalıklarının takibinde önemli rol oynayan, güvenilir, gereğinde kolayca tekrarlanabilen, nisbeten pahalı olmayan, kardiyak anatomi, fizyoloji ve hemodinami konusunda detaylı bilgiler elde edilebilen non-invaziv bir tanı yöntemidir (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011).

Yüksek frekanslı ultrasonik dalgalar, piezoelektrik transduser tarafından üretilir, vücut dokularını geçer ve bitişik dokuların akustik impedansında bulunan farkları yansıtır. Yansıyan dalgalar transdusere geri dönerler ve piezoelektrik seramiğin mekanik deformasyonuna sebep olurlar. Geri yansıyan sesler, cihazın bilgisayar bölümüne iletilip geliş zamanlarına göre birbirine eklenip bir resim şekline getirilir ve ekrana yansıtılır. Transduser ve yüzeye yansıyan her bir anatomik yapının arasındaki mesafe, ses dalgalarının başlayışı ve yansdıktan sonra alınışı arasında geçen zaman üzerinden otomatik olarak makineyle hesaplanabilir (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011).

2.6.2.1. Ekokardiyografinin Sınıflandırılması

1- M-mode “motion mode” ekokardiyografi: Kardiyak kontraksiyonlarda yayılan ultrasonik dalgaların vertikal eksenindeki hareketlerinin kaydedilmesi M-mode ekokardiyografiyi oluşturur. Horizontal (X) ekseni zamanı; vertikal (Y) ekseni ise dokuların göğüsten uzaklığını ölçer. Hareketli bir organ olan kalbin ritmik hareketlerini ekrana yansıtan bu metodla kalbin anatomik yapısı hakkında kısmen bilgi edinilebilir. Halen kardiyak boyutların (boşluk çapları, septum ve duvar kalınlıkları) ölçülmesinde ve sistolik fonksiyonların global olarak değerlendirilmesinde standart bir yöntem olmasına karşın yapısal kalp anomalilerini belirlemede yetersiz kalmaktadır (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011).

2- İki boyutlu ekokardiyografi: Ses kaynağı sesi yelpaze gibi genişleyen üçgen bir alana doğru yaydığına, titreşimler bir kesit düzeyi oluşturur ve buradaki her dokudan yansıyan dalgalar ekranda resim gibi görülür. Kardiyak yapıların kesitsel ve iki boyutlu olarak görüntülenmesine olanak sağlar. Olası yapısal kalp defektlerinin tanınmasında, damar ve kapak çaplarının belirlenmesinde kullanılır (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011).

3- Doppler ekokardiyografi: Belli hızda, kısa aralıklarla “*Pulsed Doppler*” veya devamlı “*Continuous Doppler*” gönderilen ses dalgaları, eritrositlere çarparak geriye yansımakta ve geri gelen sesle eritrositlerin hareket yönü ve hızı belirlenebilmektedir. Böylece ultrason dalgalarından oluşan bir adacık halindeki istediğimiz bölgedeki “*Sample Volum*” kan akımı tetkik edilmiş olur. Kan akımı, kullandığımız probe’den “*transducer*” uzaklaşıyorsa negatif, yaklaşıyorsa pozitif akım trasesi çizmektedir. Ortaya çıkan bu renk farklılığından yararlanılarak küçük vasküler yapıların daha net görüntülenmesi, anormal akım paternlerinin (jet akım, regürjitan akım, şant akımları vb.) kolayca ayırdedilebilmesi mümkündür. Renkli akım kılavuzluğunda “*Pulsed*” veya “*Continuous Doppler*” ile daha kolay ve daha doğru akım örnekleri elde etmek mümkün olmaktadır (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011). Doppler ekokardiyografi ile kardiyak kateterizasyonla elde edilenlerle kıyaslanabilecek kadar güvenilir sistolik pulmoner arter basınç (SPAB) ya da ortalama pulmoner arter basınç (OPAB) değerleri elde edilebilmektedir (Yock ve Popp 1984; Fuster 2010; Özben ve Başaran 2010; Bonow ve Mann 2011).

İki boyutlu, m-mode ve renkli doppler ekokardiyografi, egzersiz testi uygulanacak bireylerde konjenital (atriyal septal defekt - ASD, patent foramen ovale - PFO, aort

koarktasyonu, biküspid aort kapak) gibi doğumsal veya romatizmal kapak hastalıkları (aort darlığı ve mitral yetersizliği) gibi edinsel kalp hastalıkları varlığını belirlemek ve egzersiz testleri esnasında ortaya çıkabilecek riskleri en aza indirmek için gerekli olan, hemen her kardiyoloji kliniğinde bulunan değerlendirme yöntemleridir (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011).

2.6.3. Pulmoner Arter Basıncının (PAB) Doppler Ekokardiyografi ile Değerlendirilmesi

Pulmoner kapak veya sağ ventrikül çıkış yolu darlığının bulunmadığı durumlarda sistolik PAB'nın sağ ventrikül basıncına eşit olduğu kabul edilir. Tahmini PAB hesabında en güvenilir yöntem triküspit yetersizliği üzerinden yapılan ölçümdür. Sadece triküspit kapak yetersizliği vakalarında kullanılabilir. Sadeleştirilmiş *Bernoulli* denkleminde triküspit yetersizlik jetinin maksimum hızı kullanılarak elde edilen transtriküspit gradiyente ortalama sağ atriyal basıncı eklendiğinde kateterizasyon ile elde edilene çok yakın sağ ventrikül sistolik basınç değerleri elde edilir. Yanlış yorumlara engel olmak için PAB'nın fizyolojik aralığının yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksiyle değiştiği göz önüne alınmalıdır (Fuster 2010; Özben ve Başaran 2010; Bonow ve Mann 2011).

Sistolik PAB hesaplanırken Doppler kursorünün yetersizlik akımına paralel düşülmesi önemlidir. Sistolik PAB, Bernoulli denklemi kullanılarak, apikal 4 boşluk veya sağ ventrikül giriş yolu pencerelerinden elde edilen triküspit yetersizlik akımının tepe hızının karesinin 4 katına, sağ atriyum basıncının eklenmesi ile bulunur (Yock ve Popp 1984; Özben ve Başaran 2010).

$$\text{Sistolik PAB} = [4 \times (\text{triküspit yetersizlik akımı hızı})^2] + \text{sağ atriyal basınç}$$

Sağ atriyal basınç subkostal görüntüden inferiyor vena kavanın çapı ve venin solunum sırasındaki değişkenliğine (inspiratuvar kollaps) göre tahmin edilir. Inferiyor vena kava çapı normalde 1.2 - 2.3 cm' dir ve inspiryumda %50' den fazla küçülür. Çoğu zaman sabit bir değer olarak 5 ya da 10 mmHg esas alınsa da inferiyor vena kava genişse ya da inspiryumda kollabe olmuyorsa 10-15mmHg, geniş ve inspiryumda hiç kollabe olmuyorsa en az 20 mmHg olarak kabul edilmelidir (Yock ve Popp 1984; Özben ve Başaran 2010).

Pulmoner yetersizlik akımı üzerinden *Bernoulli* denklemleri kullanılarak ortalama veya diyastolik PAB'ı ölçülebilir.

$$\text{Ortalama PAB} = [4 \times (\text{pulmoner yetersizlik pik hızı})^2] + \text{sağ atriyal basınç}.$$

$$\text{Diyastolik PAB} = [4 \times (\text{pulmoner yetersizlik diyastol sonu akım hızı})^2] + \text{sağ atriyal basınç}$$

Ortalama PAB değeri, sistolik PAB değerinden $(0.61 \times \text{sistolik PAB}) + 2 \text{ mmHg}$ formülü kullanılarak da hesaplanabilir (Özben ve Başaran 2010).

Ayrıca pulmoner akım akselerasyon zamanı (pulmoner kapaktan geçen akımın başlangıcından tepe noktasına kadar geçen süre) kullanılarak da $79 - (0.45 \times \text{pulmoner hız akselerasyon zamanı})$ formülü ile de tahmin edilebilir. Pulmoner velosite akselerasyon zamanının normal değeri $>130 \text{ ms}$ olup kalp hızı ve kardiyak debiden etkilenebilir (Özben ve Başaran 2010).

Kalbin her kasılması esnasında, bir defada attığı kan miktarının yüzde olarak ifadesine "Ejeksiyon Fraksiyonu" denir. Normali % 55-70 civarındadır. Yani kalp bir defada içerisindeki kanın %55-70' ini fırlatabilmektedir (Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011).

3. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na tedavi amacıyla başvuran iskeletsel üst çene darlığına bağlı tek veya çift taraflı çapraz kapanış gösteren 13 erkek, 17 kız toplam 30 hasta üzerinde yürütülmüştür.

Çalışmanın materyalini tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve beş aylık pekiştirme dönemi sonunda (T3) alınan postero-anterior filmler, ekokardiyografi ve kardiyopulmoner egzersiz testi ölçümleri oluşturmuştur.

Egzersiz toleransını etkileyebilecek kardiyovasküler sistem rahatsızlıklarını (ritm bozuklukları, doğumsal veya edinsel kalp ve damar hastalıkları ya da kalp kapak hastalıkları gibi) gözden geçirebilmek amacıyla, elektrokardiyografi ve transtorasik ekokardiyografi gibi non-invaziv tanı yöntemleri; endokrinolojik sistem hastalıkları için (konjenital ya da edinsel tiroid hastalıkları ve juvenil diyabetes mellitus), açlık kan şekeri ve tiroid fonksiyon testleri; hematolojik sistem için (demir eksikliği anemisi, megaloblastik anemi ya da folik asit eksikliği), hemogram, serum demiri, demir bağlama kapasitesi, ferritin düzeyi, B₁₂ vitamini ve folik asit düzeyi; hepatobilier sisteme ait rahatsızlıkların tespiti için de, alanin amino transferaz (ALT), aspartat amino transferaz (AST), alkalen fosfataz (ALP) ve serum kalsiyum (Ca) düzeyleri ölçüm testleri uygulanmıştır.

Bu sistemlerden herhangi birine ait patoloji tespit edilen bireyler çalışmaya alınmamıştır. Bu bireylerin aileleri bilgilendirilmiş ve ileri tetkik / tedavi için ilgili bilim dallarına yönlendirilmiştir.

Tüm hastalar ve hasta velileri çalışma için yazılı ve sözlü olarak bilgilendirilmiş, hastaların rızası alınmış ve onam formları hasta velilerine imzalatılmıştır. Araştırmamız Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'nun **25.08.2009** tarih ve **98** sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Hastaların seçiminde dikkat edilen kriterler şunlardır:

- Hastanın iskeletsel üst çene darlığına bağlı unilateral veya bilateral çapraz kapanışa sahip olması,
- İntranazal patolojinin olmaması,
- Adenoid hipertrofinin bulunmaması,

- Büyüme ve gelişimi etkileyebilecek sistemik hastalığın bulunmaması,
- Genetik veya doğumsal kraniofasiyal deformitenin bulunmaması,

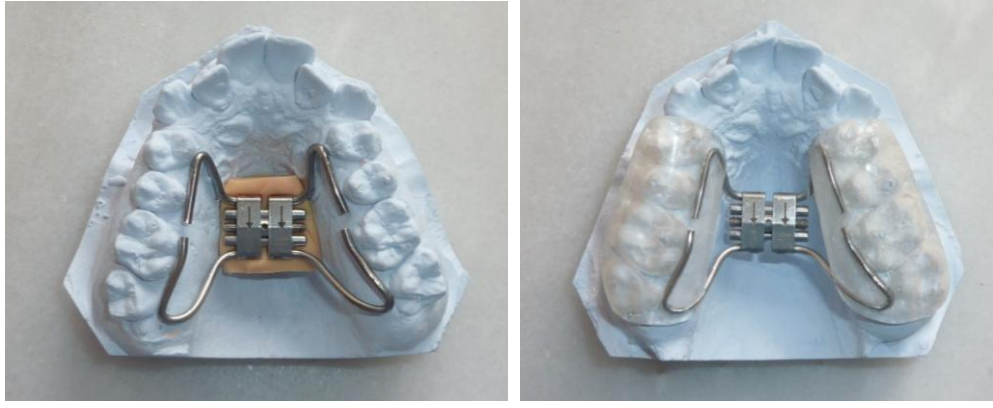
Bireyler rasgele seçilerek tedavi ve kontrol grubu olmak üzere 2 gruba ayrılmışlardır. Gruplar oluşturulurken sagittal iskeletsel ilişki ve pubertal büyüme atılımı göz önüne alınmamıştır. Tedavi grubunu iskeletsel üst çene darlığı olan 9 kız, 7 erkek toplam 16 birey, kontrol grubunu ise yine iskeletsel üst çene darlığı olan 8 kız, 6 erkek toplam 14 birey oluşturmaktadır. Bireylerin gruplara göre dağılımları ve ortalama yaşları Çizelge 1 de, verilmiştir. Tedavi grubuna RME ve KPET, kontrol grubuna ise herhangi bir ortodontik tedavi yapılmayıp sadece KPET uygulanmıştır.

Çizelge 1 Bireylerin tedavi ve kontrol gruplarına göre dağılımları ve ortalama yaşları

	Tedavi Grubu			Kontrol Grubu		
	Erkek	Kız	Toplam	Erkek	Kız	Toplam
Birey Sayısı	7	9	16	6	8	14
Yaş (yıl)	13.43±0.97	13.11±0.60	13.25 ± 0.77	13.33±1.21	12.75±0.88	13.00±1.03

3.1. Rapid Maksiller Ekspansiyon Apareyi

Çalışmamızda kullanılan RME apareyi diş-doku destekli, akrilikten yapılmış ve ekspansiyon işlemi için ortasında Hyrax (Leone, Italy) vidası bulunan akrilik bonded RME apareyidir. Hyrax vidası apareyin rijiditesine katkı sağlamak amacı ile tercih edilmiştir. Üst çeneden aljinat ile ölçü alınarak elde edilen alçı modelde hyrax vidasının kolları üst dişlerin palatinaline servikalden temas edecek şekilde bükülmüş ve ikinci küçük azılar hizasında olacak şekilde damağa mümkün olduğunca yakın ve paralel yerleştirilmiştir. Akrilik üst çenede küçük ve büyük azı dişlerinin hepsini kaplamakta ve dişlerin vestibül ve palatinal yüzeylerinin servikal üçlüsüne kadar uzanmaktadır. Okluzal yüzeydeki akril kalınlığı istirahat aralığı sınırları içerisinde tutulmuştur ve mümkün olan en fazla alt çene dişiyle temas sağlanmıştır. Apareyin simantasyonu esnasında fazla simanın tahliyesi için apareye dişler bölgesinde delikler açılmıştır (Resim 1).



Resim 1 Modele uyumlanmış Hyrax vidası ve Akrilik Bonded RME apareyi

3.2. Apareyin Uygulanması ve Kullanımı

Hasta apareyin yapıştırılma seansına çağrılırken, apareydeki vidayı çevirmeyi göstermek ve öğretmek amacıyla bunu yapabilecek bir yakını ile gelmesi istenmiştir. Aparey yapıştırılmadan önce ağız dışında daha sonra ağız içinde vidanın nasıl çevrileceği hasta yakınına öğretildikten sonra aparey simante edilmiştir. Simantasyonda cam iyonomer siman (Voco, Germany) kullanılmıştır. Tüm hastalar ağız hijyeninin önemi konusunda bilgilendirilmiştir.

Aparey yapıştırıldıktan sonra vida günde bir defa çeyrek tur ($1 \times \frac{1}{4}$ tur) çevirtilmiştir. Suturdaki açılma okluzal radyografilerle kontrol edilmiş ve ekspansiyona üst büyük azı dişlerinin palatinal tüberkülleri alt büyük azı dişlerinin bukkal tüberkülleri ile başbaşa gelinceye kadar devam edilmiştir. Ekspansiyon işlemi tamamlandıktan sonra vidanın kapanma ihtimaline karşı ligatür teliyle bağlanarak pekiştirme işlemine başlanmıştır ve beşinci ayın sonuna kadar aparey ağızda tutulmuştur.

3.3. Kardiyopulmoner Egzersiz Testinin Yapılışı

Bireylere bisiklet ergometri ile semptom ya da maksimum kalp hızı sınırlı KPET uygulanmıştır. Egzersiz testinde Ergobisiklet (Ergoline 900, Bitz, Germany) ve analizör (Sensormedics Vmax 229, CA, USA) kullanılmıştır (Resim 2 ve 3).



Resim 2 Ergobisiklet (Ergoline 900)



Resim 3 Analizör (SensorMedics Vmax 229)

Tüm hastalar KPET'ten az iki saat öncesinden itibaren yemek yememeleri, çay, kahve ve kolalı içecekler içmemeleri konusunda bilgilendirilmiştir. Her hasta teste alınmadan önce KBB muayenesine gönderilmiş, solunum yolu enfeksiyonu olmayan hastalar teste alınmıştır. Solunum yolu enfeksiyonu teşhisi konulan hastalara test uygulanmamış, bu hastalar gerekli tedavileri yapıldıktan sonra egzersiz testine alınmışlardır.

Laboratuvar ortamı, klima yardımıyla sıcaklık 20-24⁰ C ve nem ise %50 civarında olacak şekilde ayarlanmıştır. Egzersiz testi için analizörün gaz kalibrasyonu üretici firmanın önerileri doğrultusunda %16 O₂, % 4 CO₂, denge N₂ karışımı kalibrasyon tüpü (Cal 1) ve %26 O₂, %0 CO₂, denge N₂ karışımı kalibrasyon tüpü (Cal 2) tüpleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Her hastaya KPET öncesinde solunum fonksiyon testi yaptırılmıştır. Hastaların tümünde tedavi başında Zorlu Vital Kapasite (FEV) değerinin \geq %75 olduğu saptanmıştır.

İlk olarak, KPET yapılacak bireyin boyuna uygun oturma yüksekliği ayarlanmıştır. Bu ayar yapılırken kişinin bir ayağı bisiklet pedalı üzerindeyken ve pedalin en aşağıda olduğu pozisyonda kalça gövde açısının yaklaşık 150° olmasına dikkat edilmiştir. Daha sonra vücuduna dört tane tek kullanımlık EKG elektrodu yerleştirilmiştir. Sağ el işaret parmağına arteriyel oksijen saturasyonunun takibi için pulse oksimetre cihazının (CMS 60A, Contec, PRC) sensörü takılmıştır (Resim 4). Egzersiz sırasında karşılaşılabilecek kardiyak sorunlar için dakikadaki kalp atım sayısı ve EKG takibi eş zamanlı olarak yapılmıştır.



Resim 4 Pulse oksimetre

Bu işlemlerden sonra hastaya oro-nasal maske (Hans-Rudolph 7450V2, KS, USA) takılmıştır. Maske takılması sırasında kenarlarından herhangi bir hava kaçağı olmamasına dikkat edilmiştir (Resim 5).



Resim 5 Oronasal maske

Test başlangıcında hastanın 10 dakika bazal (istirahat hali) kayıtları alınmış, daha sonra hastaya bisiklet pedalını çevirmeye başlaması ve pedal hızını cihazın ekranından takip ederek dakikada 50-60 tur olacak seviyede tutması söylenmiştir. Isınma periyodu 2 dakika süresince 20 watt yükü gerçekleştirilmiştir. Isınma periyodu bittikten sonra egzersiz periyodu 20 watt yükü başlayarak ve her bir dakikada 15 watt artarak devam etmiştir. Hastalardan dayanabildikleri en son noktaya kadar egzersize devam etmeleri istenmiştir. Hesaplanan maksimum kalp hızının %85ine ulaşılması, hastanın tükenme hissi oluşacak ölçüde ciddi bir efor sarfetmiş olması, (nefessiz kalma, bacak yorgunluğu gibi semptomlar ortaya çıkıncaya kadar) ve R'nin 1'in üzerine çıkması durumunda egzersiz testi sonlandırılmıştır. Toparlanma periyodu yine 20 watt yükü 4 dakika devam ettirilmiştir. Hastaların test sırasındaki görüntüleri Resim 6 da gösterilmiştir.

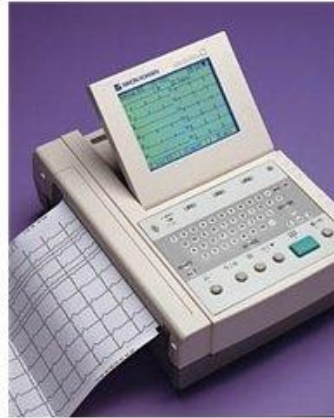
Testin nasıl yapılacağını öğretmek, oronasal maskeye, bisiklete ve testin gerçekleştirileceği ortama daha iyi uyum sağlayabilmeleri ve öğrenme etkisinin ortadan kaldırılması amacıyla hastalara çalışma kayıtlarını almadan önce farklı bir günde bir defa alıştırma testi uygulanmıştır. KPET'lerinin tamamı ortaya çıkabilecek herhangi bir sağlık problemi ihtimali gözönüne alınarak doktor kontrolünde yapılmıştır.



Resim 6 Hastaların test sırasındaki görüntüleri.

3.4. Elektrokardiyografi Uygulaması

Muhtemel kalp ritm bozukluklarını tespit etmek amacıyla araştırma grubundaki tüm bireylere 20 dakikalık istirahat süresi sonunda; 10mm/1mV amplitüdünde, her derivasyon için en az 3 QRS kompleksi içerecek şekilde, 25 mm/s hızında 12 derivasyonlu standart elektrokardiyografi (Nihon Kohden 9130K, Japan) (Resim 7) çekilmiş, tüm elektrokardiyografik değerlendirmeler kardiyoloji uzmanı tarafından yapılmıştır.



Resim 7 EKG cihazı

3.5. Ekokardiyografi Uygulaması

Tedavi ve kontrol grubundaki tüm bireylere tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) olmak üzere toplam üç kez, hafif sol lateral ve sırtüstü pozisyonda yatarken ekokardiyografi uygulanmıştır. Tüm bireylerin ekokardiyografik incelemeleri Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı'nın bu tetkikleri rutin olarak uygulamakta olan görevlileri tarafından yapılmıştır.

Yapılan tüm incelemelerde Vivid Pro 7 model ekokardiyografi cihazı (General Electric, USA) kullanılmıştır (Resim 8). Tüm ölçümler Amerikan Ekokardiyografi Derneği önerilerine uygun olarak yapılmıştır (Armstrong 2009; Otto 2009; Fuster 2010; Bonow ve Mann 2011; Douglas ve ark. 2011).



Resim 8 Ekokardiyografi Cihazı

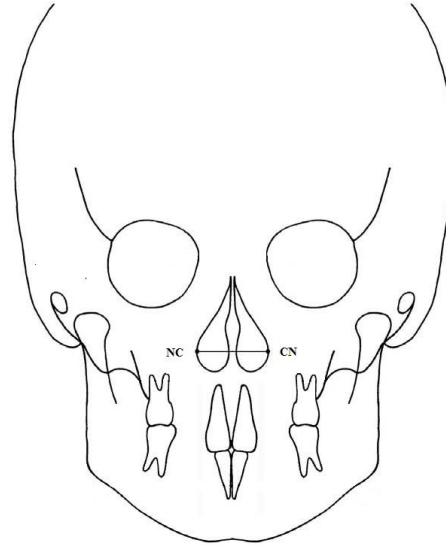
3.6. Hastalardan Alınan Kayıtlar

Tedavi grubundaki hastalardan tedavi başında (T1), ekspansiyon sonunda (T2) ve pekiştirme sonunda (T3) olmak üzere üç defa, kontrol grubundaki hastalardan ise tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) olmak üzere iki defa postero-anterior radyografiler alınmıştır.

Tedavi ve kontrol grubundaki tüm bireylere tedavi başında (T1), ekspansiyon sonunda (T2) ve pekiştirme sonunda (T3) olmak üzere üç defa KPET ve transtorasik ekokardiyografi uygulanmıştır.

3.6.1. Postero-Anterior Radyografi Ölçümleri

Nazal kavitenin iç kortikal sınırındaki en dış noktalar (NC - CN) arası mesafe nazal kavite genişliği olarak ölçülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2 Postero-anterior filmde kullanılan noktalar

3.6.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Ölçümleri

KPET ile ölçülen parametreler; egzersiz süresi (ES), metabolik parametreler; zirve oksijen tüketimi ($VO_{2\text{pik}}$), iş yükü (W), kardiyovasküler parametreler; kalp hızı (KH), nabız oksijeni ($O_2\text{Pulse}$), yüzde kalp hızı (Yüzde KH), respiratuar parametreler; dakika ventilasyonu (VE), oksijen için solunum eşitliği (VE/VO_2), solunum frekansı (Sf), inspirasyon zamanı (Ti), ekspirasyon zamanı (Te), soluk hacmi (VT), ölü boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) dır. KPET' te elde edilen verilerin 10 saniyelik averajlaması yapıldıktan sonra egzersizin son 30 saniyesindeki verilerin ortalaması alınarak kullanılacak veriler elde edilmiş ve VO_2 için bu değer $VO_{2\text{pik}}$ olarak kabul edilmiştir (Arena ve ark. 2004).

3.6.3. Ekokardiyografi Ölçümleri

Pulmoner arter basıncı (SPAB veya OPAB), doppler ekokardiyografi ile; varlığı halinde triküspit yetersizliği akımı ve/veya pulmoner arter akselerasyon zamanı üzerinden kolaylıkla hesaplanabilen, klinik bulguların değerlendirilmesi ve tedavilerin takibi

açısından güvenilebilecek bir non-invaziv parametredir. Triküspit kapak yetersizliğinin görülme sıklığı gözönüne alındığı ve daha homojen ölçümler elde edilebilmesi için, çalışma grubumuzdaki bireylerin tamamında OPAP, pulmoner akselerasyon zamanı ölçülerek elde edilmiştir.

3.7. İstatistiksel Analiz

Tedavi ve kontrol grupları arasında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen değerlerin karşılaştırılması Mann-Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır.

Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerine ait ölçümler kendi içlerinde karşılaştırılırken Friedman testi kullanılmış, test sonucunda önemlilik bulunduğunda Wilcoxon testi kullanılarak farklılık yapan ölçüm ya da ölçüm grupları tesbit edilmiştir. Yanılma düzeyi 0.05 olarak alınmıştır.

Yapılan ölçümlerin duyarlılığının belirlenebilmesi için Dahlberg'in metot hatası formülü ($\sqrt{\Sigma d^2/2n}$) kullanılarak, ölçümlerin tekrarlanabilirliği hesaplanmıştır.

Tüm istatistik analizler SPSS 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı aracılığı ile Windows işletim sistemindeki bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmamızda tedavi grubunda, iskeletsel üst çene darlığı bulunan, RME ve KPET uygulanan 9 kız, 7 erkek; kontrol grubunda ise iskeletsel üst çene darlığı bulunan, hiç bir ortodontik tedavi yapılmadan sadece KPET uygulanan 8 kız, 6 erkek toplam 30 birey incelenmiş ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

Çalışma grubumuzu oluşturan tüm bireylerin karakteristik özellikleri çizelge 2’de gösterilmiştir. Yaş, boy, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi değerleri yönünden tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Çizelge 2 Tedavi ve kontrol gruplarının boy, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi ölçümlerinin karşılaştırılması.

	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
Yaş (yıl)	13.25±0.77	13.00±1.02	0.405
Boy (cm)	162.43±8.66	162.00±9.32	0.917
Vücut Ağırlığı (kg)	49.80±7.89	55.86±12.77	0.170
Vücut Kitle İndeksi	18.90±2.95	21.02±3.30	0.067

4.1. Postero-Anterior Radyografi Bulguları

Yapılan ölçümlerin duyarlılığının belirlenebilmesi için rastgele seçilen 10 adet postero-anterior radyografi üzerinde NC-CN ölçümleri yaklaşık bir ay sonra aynı kişi tarafından tekrarlanmıştır. Dahlberg'in metot hatası formülü ($\sqrt{\Sigma d^2/2n}$) kullanılarak, ölçümlerin tekrarlanabilirliği hesaplanmış ve metot hatası olarak 0.26 bulunmuştur.

Gruplar arası karşılaştırmalarda NC-CN ölçümleri arası farklılık tedavi başı (T1) dönemde önemsiz bulunurken ($p>0.05$), pekiştirme sonu (T3) dönemde önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 3) (Şekil 3)

Çizelge 3 Tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki NC - CN ölçümlerinin karşılaştırılması.

	Tedavi Başı			Pekiştirme Sonu		
	Tedavi	Kontrol	p	Tedavi	Kontrol	p
NC - CN	29.18±2.46	29.71±2.16	0.545	31.71±2.74	29.81±2.04	0.041*

* $p<0.05$ önemli

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi grubunda, tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde NC - CN ölçümleri arası farklılık önemli bulunurken ($p<0.05$), kontrol grubunda tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 4).

Çizelge 4 Tedavi grubunda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) ile kontrol grubunda tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde NC-CN ölçümlerinin karşılaştırılması.

	Tedavi Grubu				Kontrol Grubu		
	T1	T2	T3	P	T1	T3	p
NC - CN	29.18±2.46	31.68±2.90	31.71±2.74	0.000*	29.71±2.16	29.81±2.04	0.083

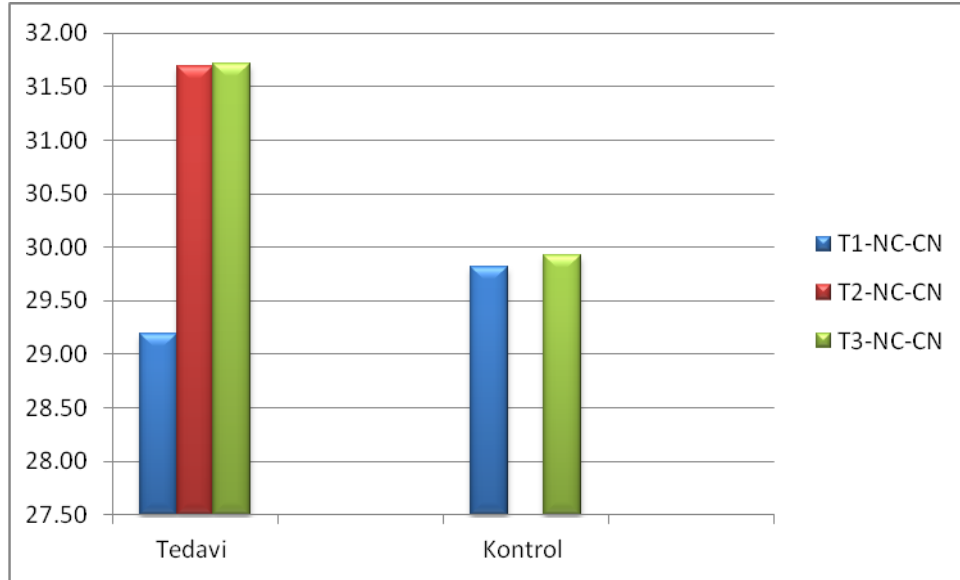
* $p<0.05$ önemli

Tedavi grubunda ölçümler ikişerli karşılaştırıldığında T1-T2 ve T1-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemli bulunurken ($p<0.05$), T2-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Kontrol grubunda ölçümler ikişerli karşılaştırıldığında T1-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 5).

Çizelge 5 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavinin farklı dönemlerinde NC-CN ölçümlerinde meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması.

Tedavi Grubu	T1 – T2	T1 – T3	T2 –T3	Kontrol Grubu	T1 – T3
NC - CN	0.000*	0.000*	0.739	NC-CN	0.083

* $p<0.05$ önemli



Şekil 3 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde elde edilen nazal kavite genişliği (NC-CN) ölçümlerine ait değişikliklerin dağılımı.

4.2. Kardiopulmoner Egzersiz Testi Bulguları

Tüm KPET'lerden elde edilen bulgular metabolik, kardiyovasküler ve respiratuar parametreler şeklinde gruplanarak aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Metabolik Parametreler ve Egzersiz Süresi Bulguları

4.2.1.1. Metabolik Ölçümlerin ve Egzersiz Süresinin Tedavi ve Kontrol Grupları Arasında Tedavi Başı (T1), Ekspansiyon Sonu (T2) ve Pekiştirme Sonu (T3) Dönemlerinde Karşılaştırılması

Gruplar arası karşılaştırmalarda **tedavi başı (T1)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, egzersiz süresi (ES), iş yükü (W), maksimum oksijen tüketimi (VO_{2pik}) ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 6) (Şekil 4,5,6).

Gruplar arası karşılaştırmalarda **ekspansiyon sonu (T2)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, egzersiz süresi (ES), iş yükü (W) ve maksimum oksijen tüketimi (VO_{2pik}) ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 7) (Şekil 4,5,6).

Gruplar arası karşılaştırmalarda **pekiştirme sonu (T3)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, egzersiz süresi (ES), iş yükü (W) ve maksimum oksijen tüketimi (VO_{2pik}) ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 8) (Şekil 4,5,6).

4.2.1.2. Metabolik Ölçümlerin ve Egzersiz Süresinin Tedavi ve Kontrol Grubunda Tedavi Başı (T1), Ekspansiyon Sonu (T2) ve Pekiştirme Sonu (T3) Dönemlerinde Karşılaştırılması

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen egzersiz süresi (ES) ve VO_{2pik} ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunurken ($p>0.05$), iş yükü (W) ölçümleri arası farklılık önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 9).

Grup içi karşılaştırmalarda kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde egzersiz süresi (ES) ve VO_{2pik} ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunurken ($p>0.05$), iş yükü (W) ölçümleri arası farklılık erkeklerde önemli ($p<0.05$), kızlarda önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 10).

4.2.1.3. Tedavi ve Kontrol Gruplarında Tedavinin Farklı Dönemlerinde İş Yükü Ölçümlerinde Meydana Gelen Değişimlerin Karşılaştırılması

Tedavi grubundaki erkeklerde ölçümler ikişerli karşılaştırıldığında iş yükü (W) yönünden T1-T3 ve T2-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemli bulunurken ($p<0.05$), T1-T2 ölçümleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Kızlarda, T1-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemli bulunurken ($p<0.05$), T1-T2 ve T2-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 11).

Kontrol grubundaki erkeklerde ölçümler ikişerli karşılaştırıldığında iş yükü (W) yönünden T1-T2 ve T1-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemli bulunurken ($p<0.05$), T2-T3 ölçümleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 12).

Çizelge 6 Tedavi başında (T1) erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **metabolik** ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

T1	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	P	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
ES (dk)	9.34±1.70	11.11±1.14	0.063	6.29±1.17	6.29±1.17	1.000
W (watt)	159.93±26.24	165.58±19.42	0.391	114.04±18.39	115.79±13.40	0.962
VO _{2pik} (ml/kg/dk)	36.06±5.06	34.76±7.07	0.668	26.74±6.87	26.25±3.85	0.847

Çizelge 7 Ekspansiyon sonu (T2) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **metabolik** ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

T2	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
ES (dk)	9.73±1.75	11.36±1.60	0.063	6.82±0.81	6.78±1.29	0.063
W (watt)	171.36±37.24	171.10±19.63	0.775	122.87±13.71	122.44±19.26	0.501
VO _{2pik} (ml/kg/dk)	39.93±8.69	37.78±7.23	0.568	29.16±5.41	29.87±4.79	0.923

Çizelge 8 Pekiştirme sonu (T3) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **metabolik** ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

T3	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
ES (dk)	10.38±1.25	11.34±0.55	0.063	6.91±0.89	6.80±0.99	0.063
W (watt)	179.19±31.06	176.94±15.87	0.568	124.76±14.44	122.83±15.22	0.923
VO _{2pik} (ml/kg/dk)	42.28±7.58	35.84±6.42	0.153	29.04±5.91	29.85±3.63	0.564

Çizelge 9 Tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde **metabolik** ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

Tedavi Grubu	Erkek				Kız			
	T1	T2	T3	p	T1	T2	T3	P
ES (dk)	9.34±1.70	9.73±1.75	10.38±1.25	0.054	6.29±1.17	6.82±0.81	6.91±0.89	0.097
W (watt)	159.93±26.24	171.36±37.24	179.19±31.06	0.012*	114.04±18.39	122.87±13.71	124.76±14.44	0.045*
VO _{2pik} (ml/kg/dk)	36.06±5.06	39.93±8.69	42.28±7.58	0.236	26.74±6.87	29.16±5.41	29.04±5.91	0.846

*p<0.05 önemli

Çizelge 10 Kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde **metabolik** ölçümlerin ve egzersiz süresinin karşılaştırılması.

Kontrol Grubu	Erkek				Kız			
	T1	T2	T3	p	T1	T2	T3	P
ES (dk)	11.11±1.14	11.36±1.60	11.34±0.55	0.401	6.47±0.86	6.78±1.29	6.80±0.99	0.417
W (watt)	165.58±19.42	171.10±19.63	176.94±15.87	0.006*	115.79±13.40	122.44±19.26	122.83±15.22	0.325
VO ₂ pik (ml/kg/dk)	34.76±7.07	37.78±7.23	35.84±6.42	0.236	26.25±3.85	29.87±4.79	29.85±3.63	0.093

*p<0.05 önemli

Çizelge 11 Tedavi grubunda tedavinin farklı dönemlerinde iş yükü (W) ölçümlerinde meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması.

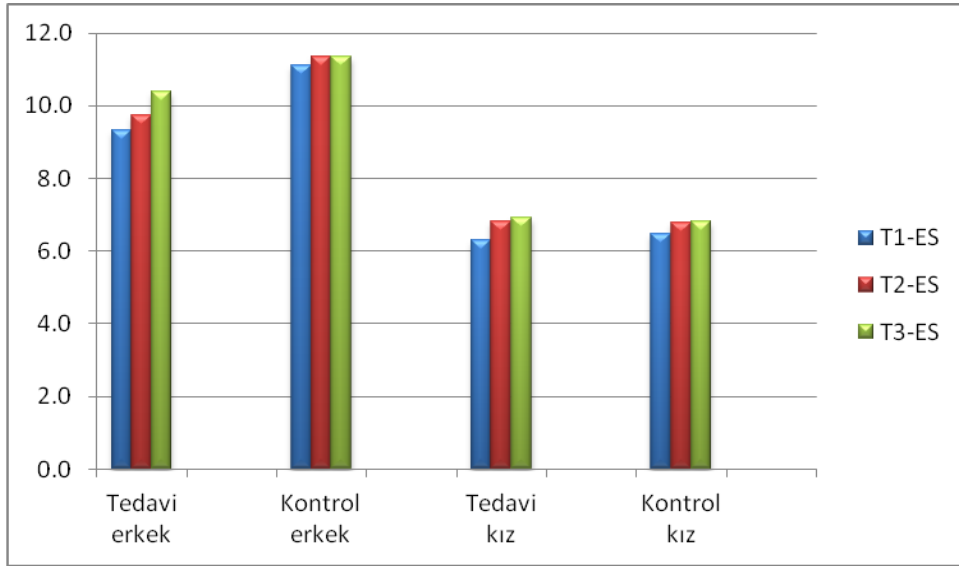
Tedavi Grubu	Erkek			Kız		
	T1-T2	T1-T3	T2-T3	T1-T2	T1-T3	T2-T3
W (watt)	0.128	0.018*	0.028*	0.051	0.015*	0.476

*p<0.05 önemli

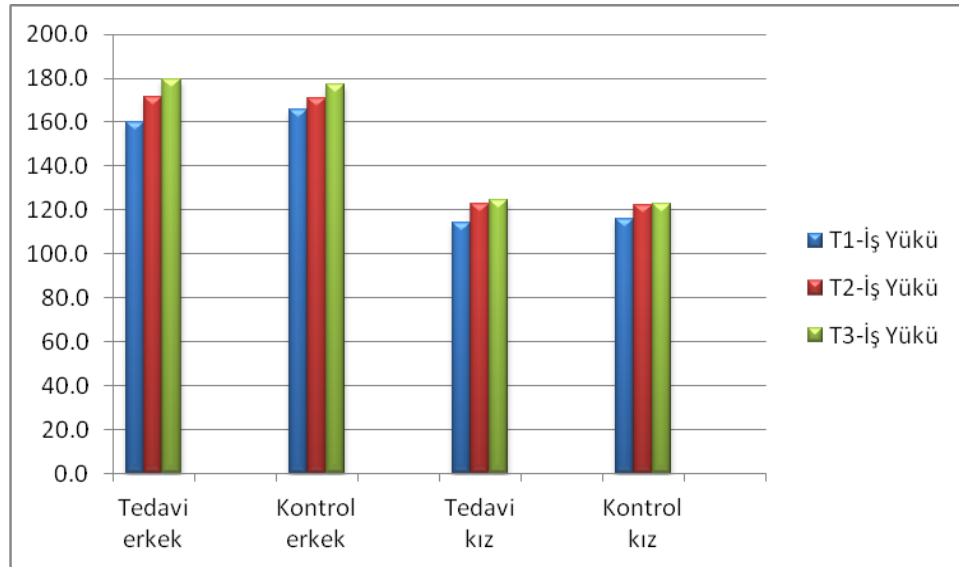
Çizelge 12 Kontrol grubunda tedavinin farklı dönemlerinde iş yükü (W) ölçümlerinde meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması.

Kontrol Grubu	Erkek			Kız		
	T1-T2	T1-T3	T2-T3	T1-T2	T1-T3	T2-T3
W (watt)	0.028*	0.028*	0.075	0.263	0.123	0.889

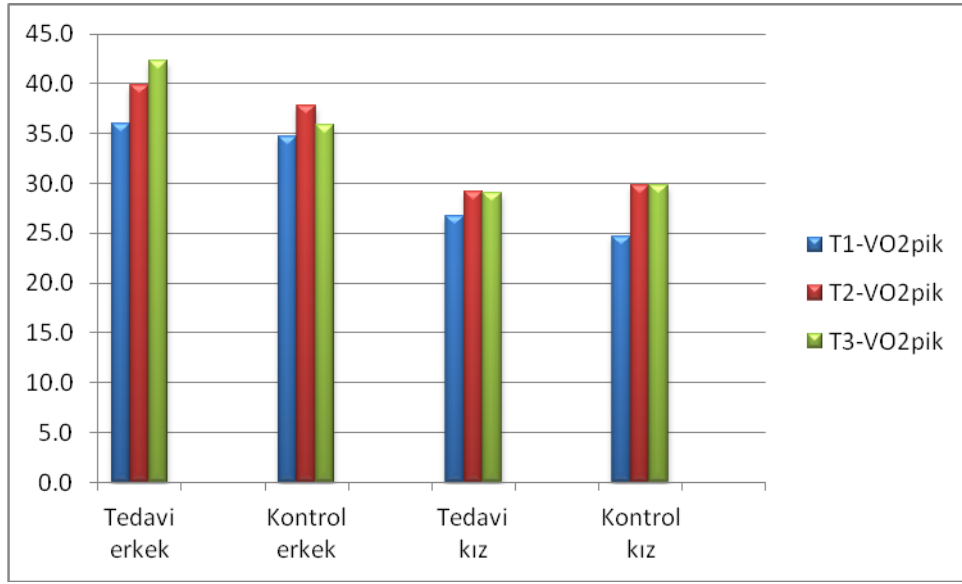
*p<0.05 önemli



Şekil 4 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde elde edilen Egzersiz Süresi (ES) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



Şekil 5 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki İş Yüğü (W) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



Şekil 6 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen VO_{2pik} ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

4.2.2. Kardiyovasküler Parametrelere Ait Bulgular

4.2.2.1. Kardiyovasküler Ölçümlerin Tedavi ve Kontrol Grupları Arasında Tedavi Başı (T1), Ekspansiyon Sonu (T2) ve Pekiştirme Sonunda (T3) Dönemlerinde Karşılaştırılması

Gruplar arası karşılaştırmalarda **tedavi başı (T1)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, kalp hızı (KH), nabız oksijeni (O₂Pulse) ve yüzde KH ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur (p>0.05) (Çizelge 13) (Şekil 7,8,9).

Gruplar arası karşılaştırmalarda **ekspansiyon sonu (T2)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, kalp hızı (KH), nabız oksijeni (O₂Pulse) ve yüzde KH ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur (p>0.05) (Çizelge 14) (Şekil 7,8,9).

Gruplar arası karşılaştırmalarda **pekiştirme sonu (T3)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, kalp hızı (KH), nabız oksijeni (O₂Pulse) ve yüzde KH ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur (p>0.05) (Çizelge 15) (Şekil 7,8,9).

4.2.2.2. Kardiyovasküler Ölçümlerin Tedavi ve Kontrol Grubunda Tedavi Başı (T1), Ekspansiyon Sonu (T2) ve Pekiştirme Sonu (T3) Dönemlerinde Karşılaştırılması

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen kalp hızı (KH), nabız oksijeni (O₂Pulse) ve yüzde KH değerleri karşılaştırıldığında ölçümler arası farklılık önemsiz bulunmuştur (p>0.05) (Çizelge 16).

Grup içi karşılaştırmalarda kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen kalp hızı (KH), nabız oksijeni (O₂Pulse) ve yüzde KH değerleri karşılaştırıldığında ölçümler arası farklılık önemsiz bulunmuştur (p>0.05) (Çizelge 17).

Çizelge 13 Tedavi başı (T1) dönemde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **kardiyovasküler** ölçümlerin karşılaştırılması.

T1	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
KH (atım/dk)	183.71±6.61	187.78±9.43	0.390	187.93±10.88	185.12±9.54	0.665
O₂Pulse (ml/atım)	10.18±2.17	11.38±2.09	0.153	6.69±1.23	6.97±0.59	0.500
Yüzde KH	88.94±3.44	90.87±4.77	0.568	90.83±5.23	89.32±4.58	0.564

Çizelge 14 Ekspansiyon sonu (T2) dönemde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **kardiyovasküler** ölçümlerin karşılaştırılması.

T2	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
KH (atım/dk)	188.00±6.43	189.67±7.07	0.667	189.44±5.86	188.88±6.76	0.847
O₂Pulse (ml/atm)	11.42±2.89	13.22±2.39	0.224	7.45±1.65	7.91±1.01	0.773
Yüzde KH	91.01±3.29	91.78±3.85	0.668	91.56±2.82	91.19±3.45	0.923

Çizelge 15 Pekiştirme sonu (T3) dönemde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **kardiyovasküler** ölçümlerin karşılaştırılması.

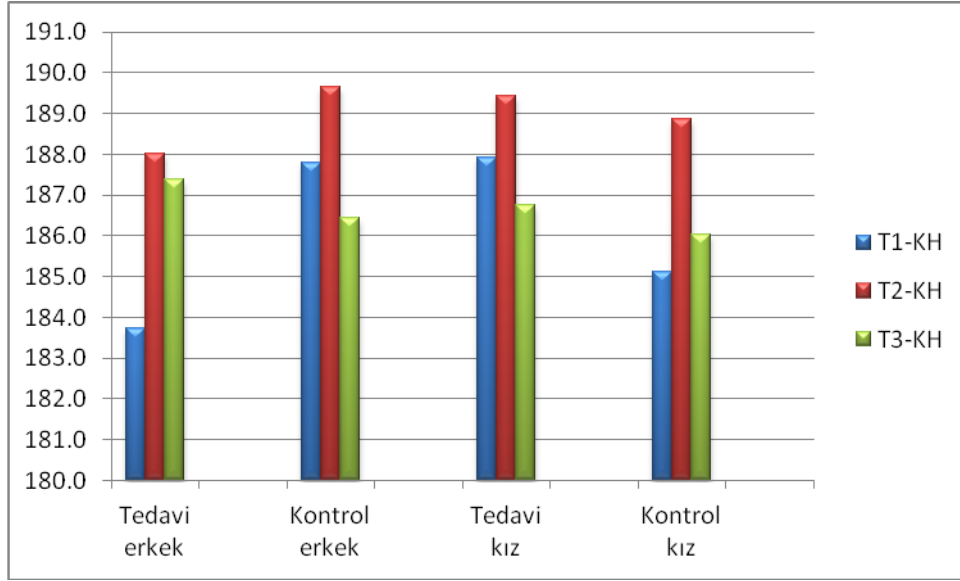
T3	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
KH (atım/dk)	187.38±8.77	186.44±10.54	0.886	186.74±7.30	186.04±8.06	0.923
O₂Pulse (ml/atım)	12.25±2.70	12.74±1.87	0.775	7.62±1.46	8.17±1.06	0.665
Yüzde KH	90.89±4.21	90.37±5.34	0.668	90.31±3.54	89.82±4.05	0.923

Çizelge 16 Tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde **kardiyovasküler** ölçümlerin karşılaştırılması.

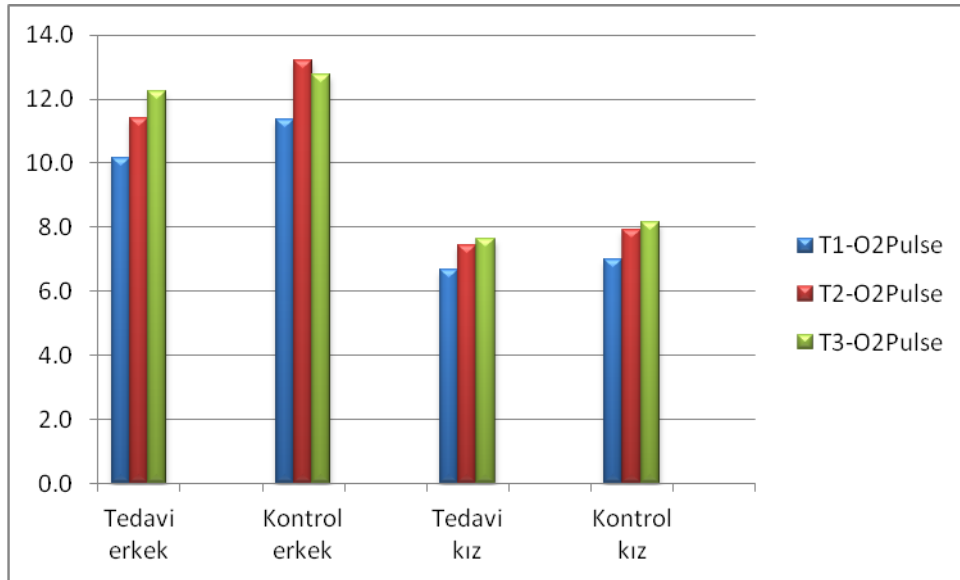
Tedavi Grubu	Erkek				Kız			
	T1	T2	T3	p	T1	T2	T3	p
KH (atım/dk)	183.71±6.61	188.00±6.43	187.38±8.77	0.121	187.93±10.88	189.44±5.86	186.74±7.30	0.819
O₂Pulse (ml/atım)	10.18±2.17	11.42±2.89	12.25±2.70	0.156	6.69±1.23	7.45±1.65	7.62±1.46	0.063
Yüzde KH %	88.94±3.44	91.01±3.29	90.89±4.21	0.121	90.83±5.23	91.56±2.82	90.31±3.54	0.819

Çizelge 17 Kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde **kardiyovasküler** ölçümlerin karşılaştırılması.

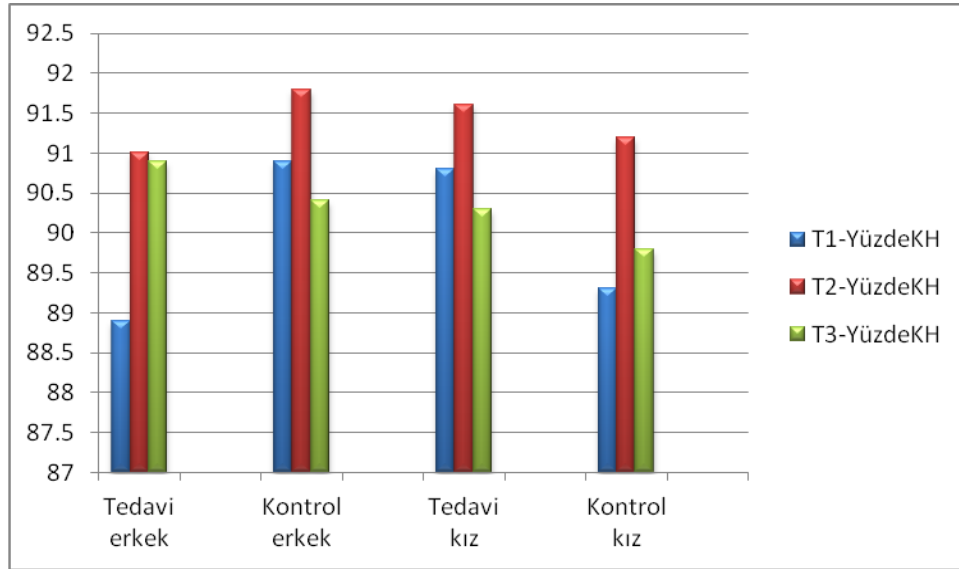
Kontrol Grubu	Erkek				Kız			
	T1	T2	T3	p	T1	T2	T3	p
KH (atım/dk)	187.78±9.43	189.67±7.07	186.44±10.54	0.846	185.12±9.54	188.88±6.76	186.04±8.06	0.250
O₂Pulse (ml/atım)	11.38±2.09	13.22±2.39	12.74±1.87	0.119	6.97±0.59	7.91±1.01	8.17±1.06	0.135
Yüzde KH	90.87±4.77	91.78±3.85	90.37±5.34	0.846	89.32±4.58	91.19±3.45	89.82±4.05	0.250



Şekil 7 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde Kalp Hızı (KH) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



Şekil 8 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde Nabız Oksijeni (O₂Pulse) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



Şekil 9 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde Yüzde Kalp Hızı (Yüzde KH) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

4.2.3. Respiratuar Parametrelere Ait Bulgular

4.2.3.1. Respiratuar Ölçümlerin Tedavi ve Kontrol Grupları Arasında Tedavi Başı (T1), Ekspansiyon Sonu (T2) ve Pekiştirme Sonu (T3) Dönemlerinde Karşılaştırılması

Gruplar arası karşılaştırmalarda **tedavi başı (T1)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, dakika ventilasyonu (VE), oksijen için solunum eşitliği (VE/VO_2), solunum frekansı (Sf), inspirasyon zamanı (Ti), ekspirasyon zamanı (Te), soluk hacmi (VT), ölü boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur. ($p>0.05$) (Çizelge 18) (Şekil 10,11,12,13,14,15,16).

Gruplar arası karşılaştırmalarda **ekspansiyon sonu (T2)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, dakika ventilasyonu (VE), oksijen için solunum eşitliği (VE/VO_2), solunum frekansı (Sf), inspirasyon zamanı (Ti), ekspirasyon zamanı (Te), soluk hacmi (VT), ölü boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur. ($p>0.05$) (Çizelge 19) (Şekil 10,11,12,13,14,15,16).

Gruplar arası karşılaştırmalarda **pekiştirme sonu (T3)** dönemde erkeklerde ve kızlarda, dakika ventilasyonu (VE), oksijen için solunum eşitliği (VE/VO_2), solunum frekansı (Sf), inspirasyon zamanı (Ti), ekspirasyon zamanı (Te), soluk hacmi (VT), ölü

boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) ölçümleri arası farklılık önemsiz bulunmuştur. ($p>0.05$) (Çizelge 20) (Şekil 10,11,12,13,14,15,16).

4.2.3.2. Respiratuar Ölçümlerin Tedavi ve Kontrol Grubunda Tedavi Başı (T1), Ekspansiyon Sonu (T2) ve Pekiştirme Sonu (T3) Dönemlerinde Karşılaştırılması

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda, tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen dakika ventilasyonu (VE), oksijen için solunum eşitliği (VE/VO₂), solunum frekansı (Sf), inspirasyon zamanı (Ti), ekspirasyon zamanı (Te), soluk hacmi (VT), ölü boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) değerleri karşılaştırıldığında ölçümler arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 21).

Grup içi karşılaştırmalarda kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda, tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen dakika ventilasyonu (VE), oksijen için solunum eşitliği (VE/VO₂), solunum frekansı (Sf), inspirasyon zamanı (Ti), ekspirasyon zamanı (Te), soluk hacmi (VT), ölü boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) değerleri karşılaştırıldığında ölçümler arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 22).

Çizelge 18 Tedavi başı (T1) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **respiratuar** ölçümlerin karşılaştırılması.

T1	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
VE (lt/dk)	73.31±10.20	77.98±11.33	0.253	52.38±7.00	51.73±7.18	0.773
VE/VO₂	40.24±4.91	37.00±2.52	0.253	42.93±6.32	44.12±5.67	0.773
Sf (soluk/dk)	42.44±3.53	44.50±8.05	0.830	43.00±10.08	41.46±7.19	0.563
Ti (sn)	0.70±0.06	0.68±0.11	0.943	0.72±0.18	0.72±0.11	0.847
Te (sn)	0.74±0.07	0.72±0.10	0.943	0.78±0.22	0.79±0.16	0.441
VT (lt)	1.73±0.13	1.79±0.28	0.886	1.25±0.19	1.27±0.20	0.773
VD/VT	0.19±0.03	0.17±0.03	0.617	0.24±0.03	0.24±0.03	0.531

Çizelge 19 Ekspansiyon sonu (T2) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **respiratuar** ölçümlerin karşılaştırılması.

T2	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
VE (lt/dk)	80.52±16.96	81.79±17.93	0.568	56.93±9.81	56.99±11.97	0.773
VE/VO₂	38.43±4.87	36.06±2.34	0.520	42.19±6.89	42.17±10.17	0.923
Sf (soluk/dk)	44.57±4.69	43.67±9.48	0.520	45.19±8.75	43.08±9.17	0.500
Ti (sn)	0.67±0.08	0.68±0.13	0.721	0.65±0.11	0.70±0.12	0.413
Te (sn)	0.72±0.09	0.76±0.15	0.475	0.73±0.17	0.78±0.16	0.630
VT (lt)	1.79±0.27	1.92±0.33	0.568	1.29±0.26	1.35±0.25	0.773
VD/VT	0.20±0.04	0.17±0.04	0.519	0.24±0.05	0.24±0.04	0.810

Çizelge 20 Pekiştirme sonu (T3) döneminde erkeklerde ve kızlarda tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki **respiratuar** ölçümlerin karşılaştırılması.

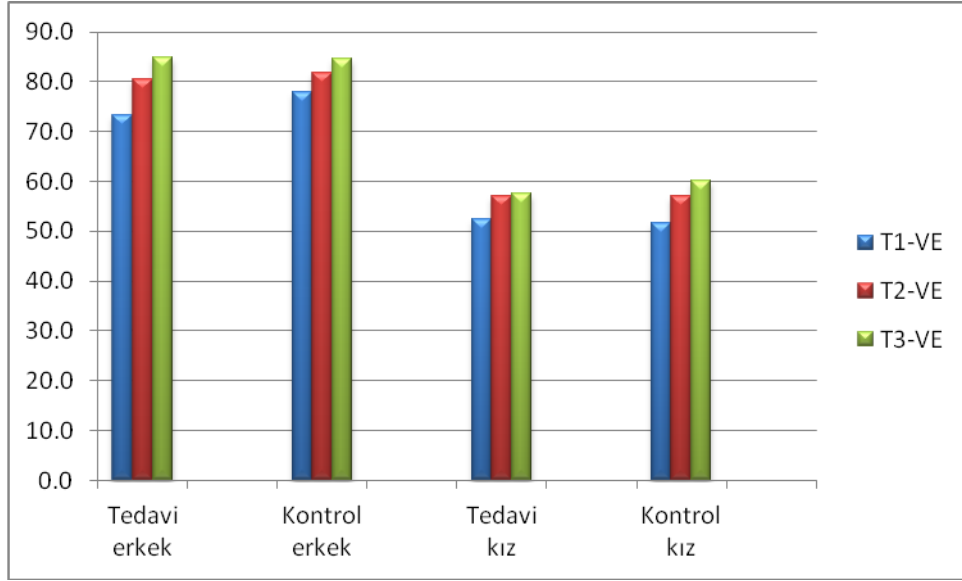
T3	Erkek			Kız		
	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p	Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	p
VE (lt/dk)	85.01±22.27	84.64±15.67	0.568	57.62±9.08	60.03±8.35	0.501
VE/VO₂	38.71±4.81	36.17±3.64	0.390	41.15±5.30	39.88±4.79	0.630
Sf (soluk/dk)	45.71±4.99	46.17±8.04	0.943	46.41±8.48	44.46±6.23	0.630
Ti (sn)	0.66±0.09	0.65±0.11	0.943	0.65±0.10	0.66±0.09	0.885
Te (sn)	0.69±0.08	0.69±0.12	1.000	0.70±0.16	0.73±0.10	0.386
VT (lt)	1.84±0.30	1.86±0.25	0.568	1.26±0.18	1.34±0.25	0.501
VD/VT	0.19±0.04	0.18±0.04	0.519	0.26±0.04	0.25±0.03	0.531

Çizelge 21 Tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde **respiratuar** ölçümlerin karşılaştırılması.

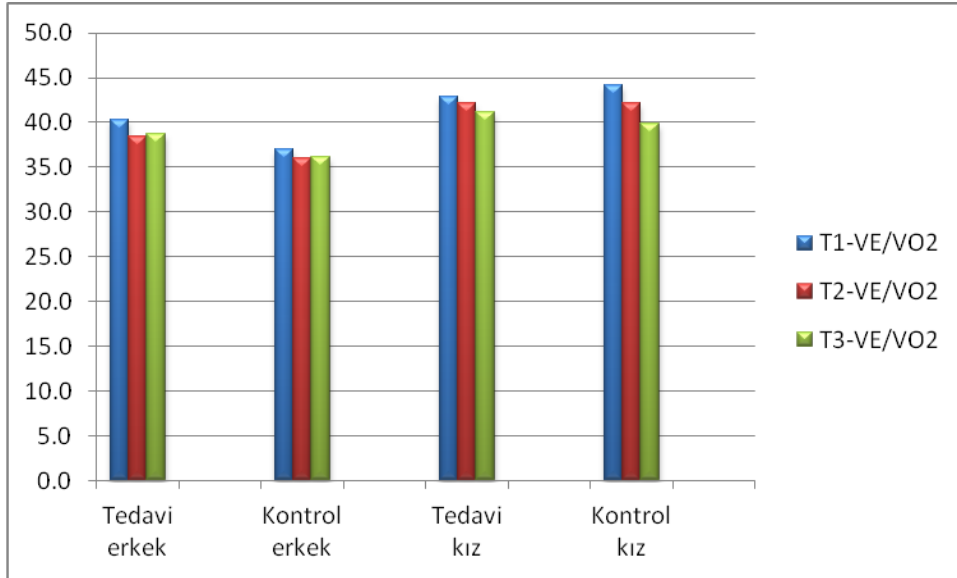
Tedavi Grubu	Erkek				Kız			
	T1	T2	T3	p	T1	T2	T3	P
VE (lt/dk)	73.31±10.20	80.52±16.96	85.01±22.27	0.368	52.38±7.00	56.93±9.81	57.62±9.08	0.717
VE/VO₂	40.24±4.91	38.43±4.87	38.71±4.81	0.482	42.93±6.32	42.19±6.89	41.15±5.30	0.581
Sf (soluk/dk)	42.44±3.53	44.57±4.69	45.71±4.99	0.180	43.00±10.08	45.19±8.75	46.41±8.48	0.074
Ti (sn)	0.70±0.06	0.67±0.08	0.66±0.09	0.867	0.72±0.18	0.65±0.11	0.65±0.10	0.070
Te (sn)	0.74±0.07	0.72±0.09	0.69±0.08	0.459	0.78±0.22	0.73±0.17	0.70±0.16	0.459
VT (lt)	1.73±0.13	1.79±0.27	1.84±0.30	0.276	1.25±0.19	1.29±0.26	1.26±0.18	0.717
VD/VT	0.19±0.03	0.20±0.04	0.19±0.04	1.000	0.24±0.03	0.24±0.05	0.26±0.04	0.690

Çizelge 22 Kontrol grubunda erkeklerde ve kızlarda tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde **respiratuar** ölçümlerin karşılaştırılması.

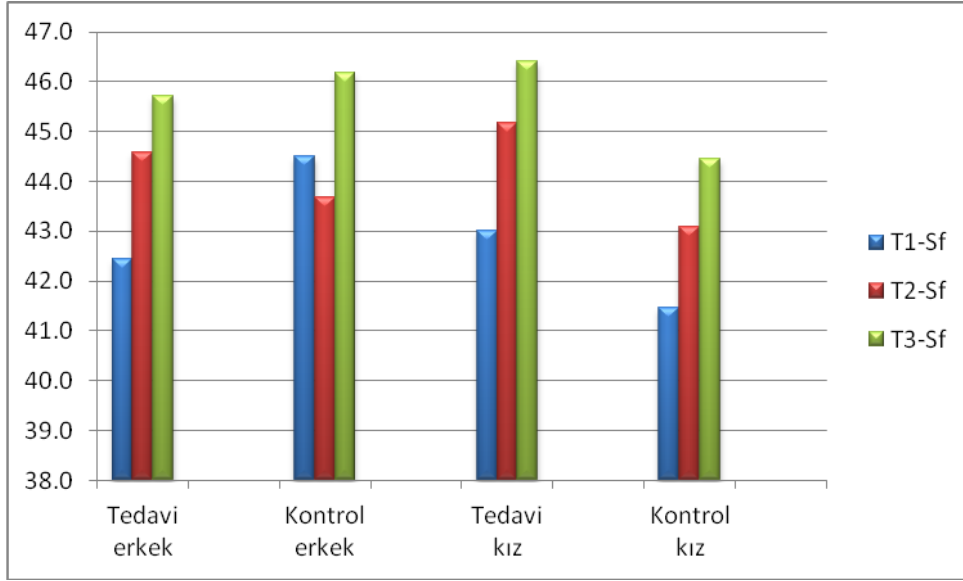
Kontrol Grubu	Erkek				Kız			
	T1	T2	T3	p	T1	T2	T3	P
VE (lt/dk)	77.98±11.33	81.79±17.93	84.64±15.67	0.401	51.73±7.18	56.99±11.97	60.03±8.35	0.093
VE/VO₂	37.00±2.52	36.06±2.34	36.17±3.64	0.368	44.12±5.67	42.17±10.17	39.88±4.79	0.072
Sf (soluk/dk)	44.50±8.05	43.67±9.48	46.17±8.04	0.438	41.46±7.19	43.08±9.17	44.46±6.23	0.093
Ti (sn)	0.68±0.11	0.68±0.13	0.65±0.11	0.580	0.72±0.11	0.70±0.12	0.66±0.09	0.093
Te (sn)	0.72±0.10	0.76±0.15	0.69±0.12	0.154	0.79±0.16	0.78±0.16	0.73±0.10	0.798
VT (lt)	1.79±0.28	1.92±0.33	1.86±0.25	0.738	1.27±0.20	1.35±0.25	1.34±0.25	0.223
VD/VT	0.17±0.03	0.17±0.04	0.18±0.04	0.867	0.24±0.03	0.24±0.04	0.25±0.03	0.250



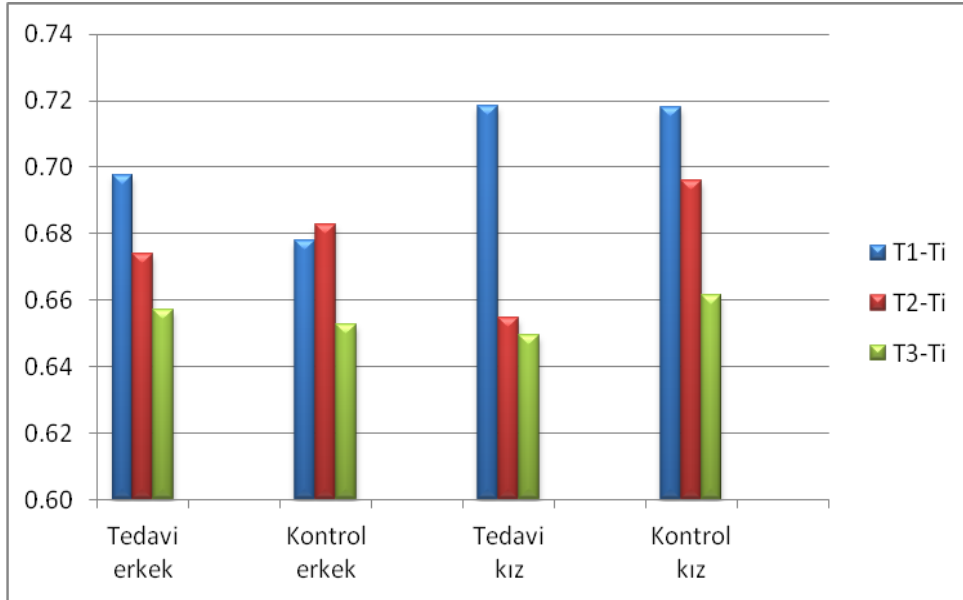
Şekil 10 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde dakika ventilasyonu (VE) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



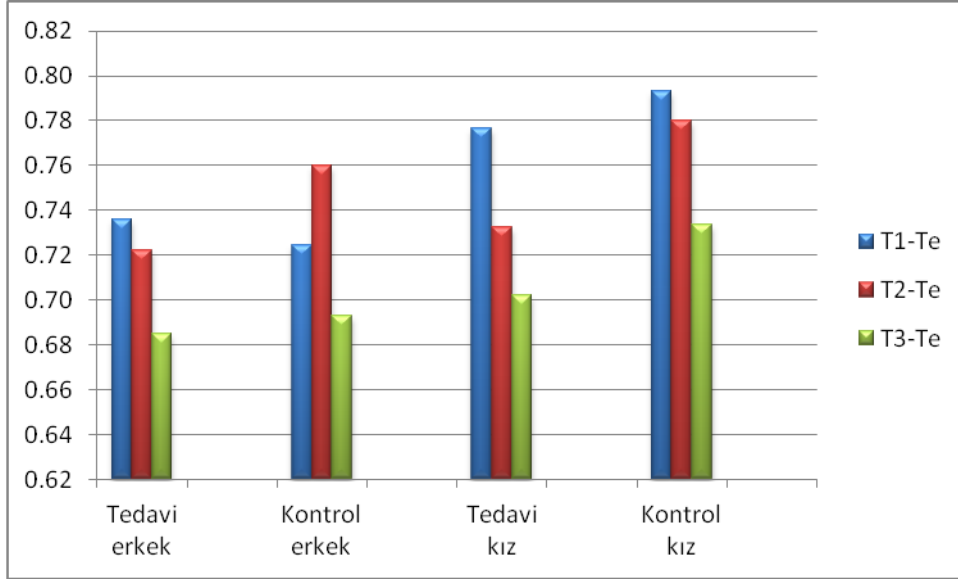
Şekil 11 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde solunum eşitliği (VE/VO₂) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



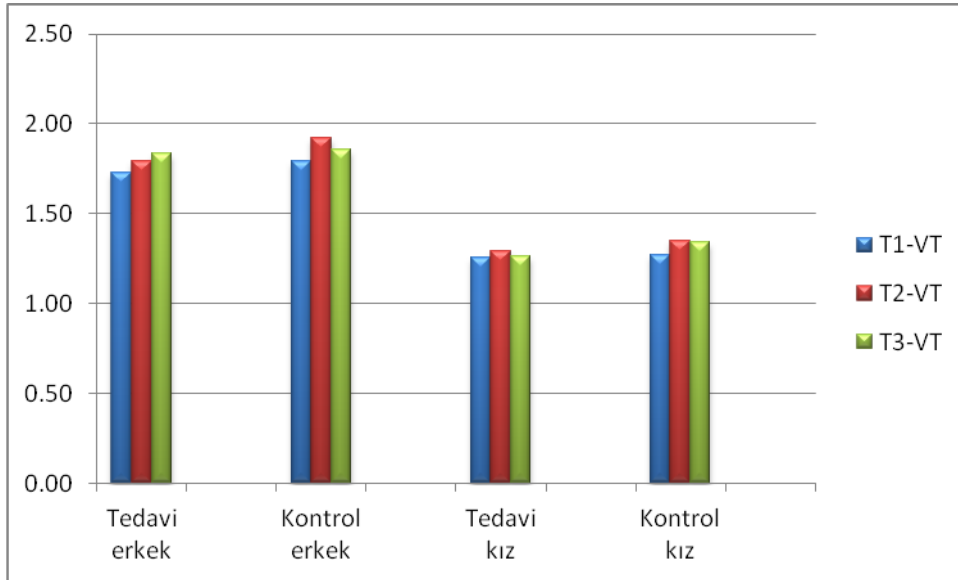
Şekil 12 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde solunum frekansı (Sf) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



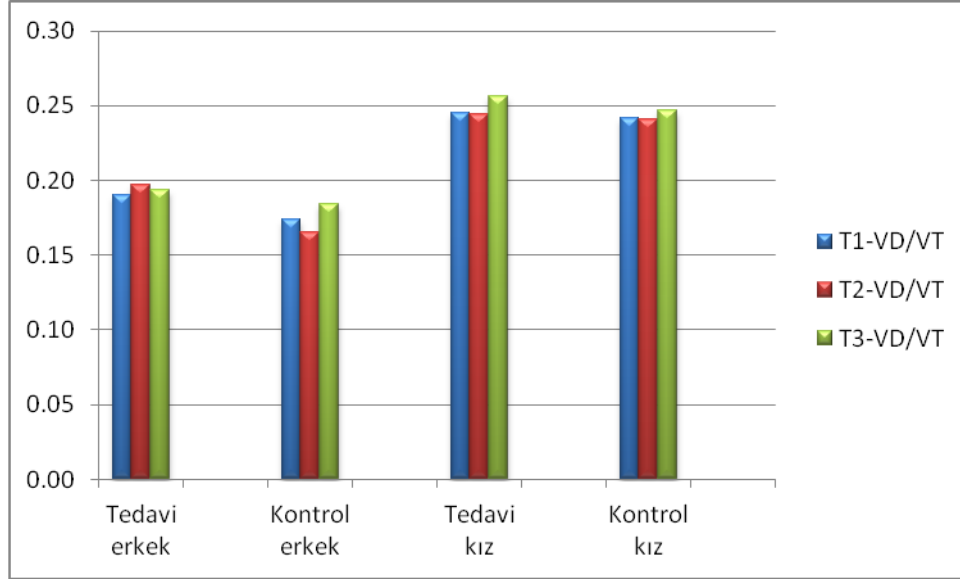
Şekil 13 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki inspirasyon zamanı (Ti) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



Şekil 14 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki ekspirasyon zamanı (Te) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



Şekil 15 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki soluk hacmi (VT) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.



Şekil 16 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerindeki ölü boşluğun soluk hacmine oranı (VD/VT) ölçümlerine ait değişikliklerin cinsiyetlere göre dağılımı.

4.3. Ekokardiyografi Bulguları

Gruplar arası karşılaştırmalarda ortalama pulmoner arter basıncı (OPAB) ve sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (SVEF) ölçümleri arası farklılık tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 23) (Şekil 17,18)

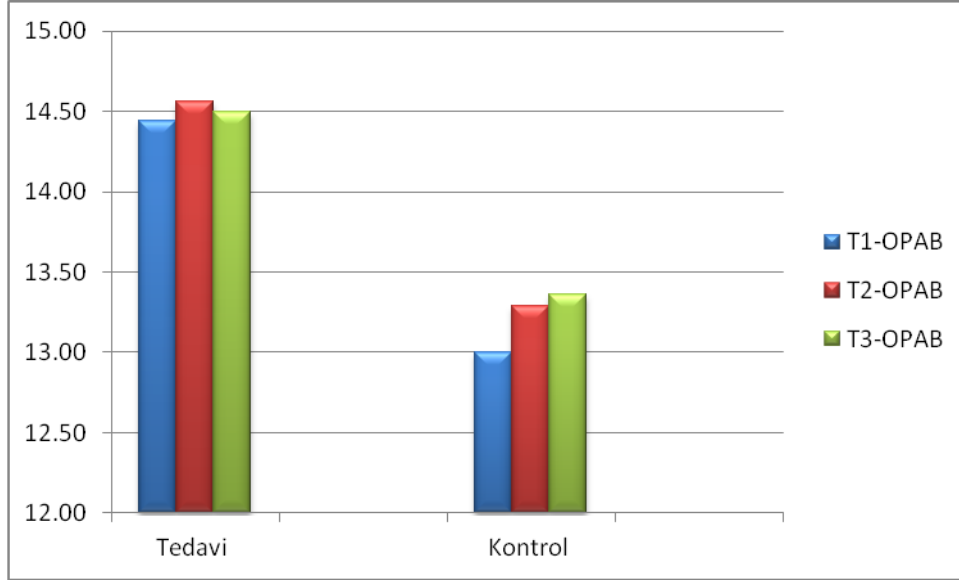
Grup içi karşılaştırmalarda, tedavi ve kontrol grubundaki hastaların tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen ortalama pulmoner arter basıncı (OPAB) ve sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (SVEF) değerleri karşılaştırıldığında ölçümler arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 24)

Çizelge 23 Tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde tedavi grubu ve kontrol grubu arasındaki OPAB ve SVEF ölçümlerinin karşılaştırılması.

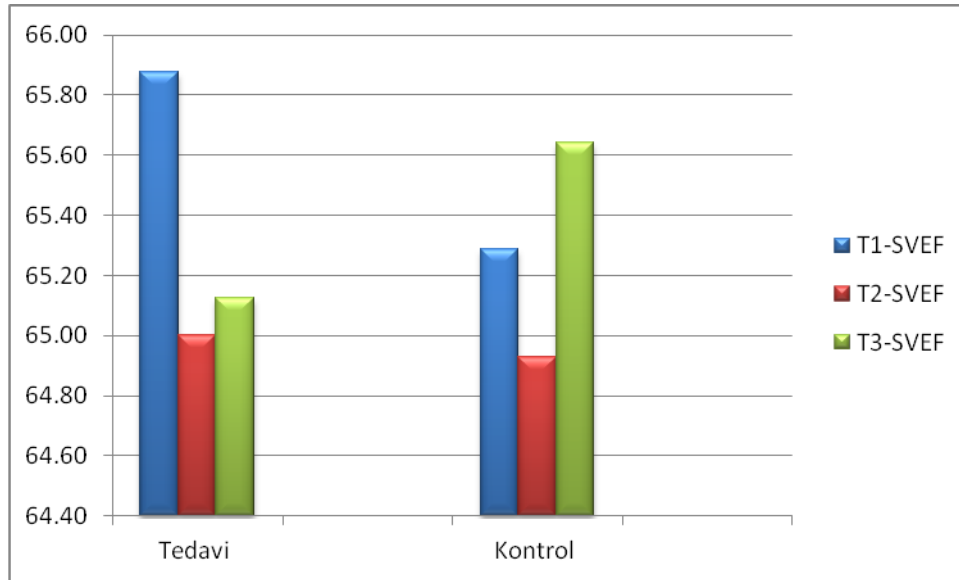
	Tedavi Grubu				Kontrol Grubu			
	T1	T2	T3	p	T1	T2	T3	p
OPAB (mmHg)	14.43±3.98	14.56±3.57	14.50±3.57	0.741	13.00±4.87	13.31±4.68	13.37±4.48	0.086
SVEF %	68.87±1.70	65.00±0.00	65.12±0.50	0.368	65.68±1.77	65.12±1.85	65.93±1.84	0.065

Çizelge 24 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde OPAB ve SVEF ölçümlerinin karşılaştırılması.

	Tedavi Başı			Ekspansiyon			Pekiştirme		
	Tedavi	Kontrol	p	Tedavi	Kontrol	p	Tedavi	Kontrol	p
OPAB (mmHg)	14.43±3.98	13.00±4.87	0.248	14.56±3.57	13.31±4.68	0.306	14.50±3.57	13.37±4.48	0.341
SVEF %	68.87±1.70	65.68±1.77	0.968	65.00±0.00	65.12±1.85	1.000	65.12±0.50	65.93±1.84	0.159



Şekil 17 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen ortalama pulmoner arter basıncı (OPAB) ölçümlerine ait değişikliklerin dağılımı.



Şekil 18 Tedavi ve kontrol gruplarında tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde ölçülen sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ölçümlerine ait değişikliklerin dağılımı.

5. TARTIŞMA

Yüzyılı aşkın bir süredir uygulanan RME'nin nazal kavite ve nazal havayolu üzerindeki etkileri çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. RME ile midpalatal suturda açılma oldukça maksiller segmentlerin lateral hareketiyle beraber burun tabanı genişlemekte ve nazal kavite genişliğinde artış meydana gelmektedir (Hershey ve ark. 1976; Da Silva Filho ve ark. 1995; Memikoğlu ve İşeri 1999; Cross ve McDonald 2000; Baccetti ve ark. 2001; Başçiftçi ve ark. 2002; Başçiftçi ve Karaman 2002; Cameron ve ark. 2002; Sarı ve ark. 2003; Doruk ve ark. 2004a; Compadretti ve ark. 2006a, 2006b; Enoki ve ark. 2006; Garrett ve ark. 2008; Ramoğlu ve Sarı 2010; Ribeiro ve ark. 2011). Nazal kavite hacmindeki artış (Wertz 1968; Başçiftçi ve ark. 2002; Chung ve Font 2004; Compadretti ve ark. 2006a; Babacan ve ark. 2006; Doruk ve ark. 2007; Palaisa ve ark. 2007; Cappellette ve ark. 2008; Sökücü 2010; Görgülü 2011) sayesinde nazal hava yolu direncinin azaldığı (Hershey ve ark. 1976; Timms 1986; White ve ark. 1989; Başçiftçi ve ark. 2002; Doruk ve ark. 2004b; Enoki ve ark. 2006) ve bunun da burun solunumunun gelişmesine yol açtığı çeşitli araştırmalarda bildirilmiştir (Gray 1975; Hershey ve ark. 1976; Doruk ve ark. 2004b; Compadretti ve ark. 2006b) Ayrıca solunumdaki bu iyileşmenin fiziksel gelişmeyi, atletik performansı ve genel sağlığı düzelttiği rapor edilmiştir (Haas 1961,1970; Wertz 1970; Timms 1974).

Çalışmamızda RME'nin kardiyopulmoner sistem üzerindeki etkileri ve dolayısıyla atletik performanslarındaki değişiklikler incelenmiştir. Bu amaçla çalışmamız Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı'na başvuran iskeletsel üst çene darlığı gösteren, 12-15 yaş arası (kızlar 12-14, erkekler 12-15), 17 kız 13 erkek, toplam 30 hasta üzerinde yürütülmüştür. Tedavi grubunun yaş ortalaması 13.25 ± 0.77 yıl, kontrol grubunun yaş ortalaması 13 ± 1.03 yıldır. İki grup arasında yaş, boy, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi yönünden önemli bir fark yoktur (Çizelge 2). Bireyler rastgele bir şekilde seçilerek tedavi ve kontrol grupları oluşturulmuş, hasta seçiminde pubertal büyüme atılımı dikkate alınmamıştır.

Türbin hipertrofisi, nazal polip, aşırı derecede büyümüş adenoidler ve septal deviasyonun bulunduğu vakalarda RME nin tek başına faydalı olamayacağı rapor edilmiştir (Haas 1965; Başçiftçi ve ark. 2002). Bu bilgilerin ışığında RME'nin etkilerini daha iyi inceleyebilmek amacıyla nazal patolojileri bulunmayan hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Wertz (1970), RME ile tedavi ettiği bireylerde tedavi etkinliği açısından

cinsiyetler arası bir fark gözlemediğini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da yaş ve cinsiyet sayıları gruplar arasında RME'nin etkileri açısından fark yaratacak kadar belirgin değildir. Bu nedenle nazal kavite genişliği sonuçlarının yorumlanması cinsiyet faktörü gözönünde tutulmadan yapılmıştır.

RME'nin hangi yaşlarda yapılması gerektiği ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Wertz (1970) yaşlanma ile iskeletsel komponentlerin rijiditesinin artacağını dolayısıyla ortopedik etkinin azalacağını belirtmiştir. Bishara ve Staley (1987) optimal genişletme zamanının 13-15 yaş öncesi olduğunu belirtmiş, daha yaşlı hastalarda da üst çene genişletmesinin mümkün olabileceğini fakat elde edilecek sonuçların kalıcı olmayacağını ve öngörülemez olacağını belirtmişlerdir. Alpern ve Yurosko (1987) ek bir cerrahi yardıma ihtiyaç duymadan yapılabilecek üst çene genişletmesi için yaş sınırını kızlarda 18 yaş, erkeklerde ise 21 yaş olarak vermişlerdir. Stuart ve Wiltshire (2003), midpalatal suturu radyografik olarak incelediklerinde erken yirmili yaşlarda bile suturun tam kaynaşmamış olabileceğini ve dolayısıyla bu hastalarda da üst çene genişletmesinin uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Baccetti ve ark. (2001), pubertal büyüme atılımı döneminde yapılan üst çene genişletmesiyle maksimum ortopedik sonuçlar elde edilebileceğini, Sarı ve ark. (2003) üst çene genişletmesi için en uygun zamanın daimi dişlenmenin başlangıç dönemi olduğunu bildirmişlerdir. Puberte ve puberte sonrası dönemde, aerobik performans daha kolay artar. Çocuklarda VO_{2max} her iki cinsiyette yaşla birlikte artar. Bu parametreye ait değerlerde 9.5-13 yaşları arasında gözlenen hafif artışın adölesan döneminde hızlanıp 14 yaşında tepe noktasına ulaştığı bilinmektedir (Rowland 1990). Bu nedenle çalışmamızda pubertal büyüme atılımı dikkate alınmamıştır.

Birçok araştırmacı üst çene genişletmesi için vidalı apareyleri kullanmışlardır. Araştırmacıların kullandıkları vidalı apareylerde destek alınan bölgeler, apareye eklenen akrilik veya döküm parçalar, apareyin bantlarla veya direk dişlere yapıştırılarak tutuculuğunun sağlanması, dişlerin okluzalinin kapalı olup olmaması gibi farklılıklar bulunmaktadır (Haas 1961; Biederman 1968; Howe 1982; Spolyar 1984; Sarver ve Johnston 1989; Asanza ve ark. 1997; Reed ve ark 1999; Başçiftçi ve Karaman 2002; Cozzani ve ark. 2003; Lamparski ve ark. 2003; İşeri ve Özsoy 2004; Davidovitch ve ark. 2005; Wendling ve ark. 2005).

Yapılan çalışmalardan posterior dişleri tamamen akrilikle kaplayacak şekilde yapılan RME apareylerinin birçok avantajının olduğu anlaşılmaktadır. Alpern ve Yurosko

(1987) apareylere eklenecek okluzal ısırma düzlemlerinin genişlemeye karşı direnç gösteren ağır ısırma kuvvetlerinin ortadan kaldırılması ile temporomandibular eklemden oluşabilecek mikro travmaların ve kök rezorbsiyonlarının azalmasında faydalı olacağını belirtmişlerdir. Bunlara ek olarak hızlı üst çene genişletmesinin vertikal etkisinin azaltılabileceğini söylemişlerdir. Asanza ve ark. (1997), bonded apareyin palatinal düzlemin posteriorunun daha az aşağı hareketine izin verdiğini ve hyrax apareyine göre vertikal yüz yüksekliğinin daha az artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Reed ve ark. (1999) diş ve doku destekli bonded apareyinin etkilerini inceledikleri araştırmanın sonucunda genişletme vidasını mümkün olduğunca damağa yakın yerleştirerek kuvvetin üst çenenin direnç merkezine yakın bir yerden uygulanmasının sağlanacağını bildirmişlerdir. Sadece diş destekli bir apareyle yaptıkları karşılaştırma sonucunda bantlı apareyin daha fazla vertikal değişikliğe sebep olduğunu fakat bu değişikliklerin 1 mm ve 1 dereceden az olmasından dolayı klinik olarak önemli olmadığını savunmuşlardır. Memikoğlu ve ark. (1997), diş doku destekli aparey ile üst azı dişlerinin uzamasının engellendiğini ve posterior dişlerin daha az devrilmesiyle daha paralel hareket elde ettiklerini belirtmişlerdir. Wendling ve ark. (2005) okluzaldeki akrilik düzlemin okluzal vertikal gelişimi sınırlayacağını ve alt çenenin geriye ve aşağı rotasyonu önleyeceğini savunmuşlardır.

Biz de bu bilgiler ışığında çalışmamızda tüm dişlerden ve yumuşak dokudan destek almasından dolayı kuvvet uygulama merkezinin üst çenenin direnç merkezine daha yakınlaşması ve böylece daha paralel bir hareket sağlanabilmesi, dişlerin okluzalini kaplayarak vertikal yönde kontrol sağlamasıyla birlikte alt dişler ile oluşabilecek çarpışmaların genişletmeye direnç göstermesinin engellenmesi ve temporomandibular eklemden oluşabilecek mikro travmaların önüne geçilebilmesinden dolayı akrilik bonded RME apareyini kullandık (Ateş 2008; Chiari ve ark. 2009).

RME işleminin en çok tartışılan kısmı genişletme hızı olmuş ve literatürde çok değişik vida çevirme programları önerilmiştir. Farklı apareylerle yapılan RME'de genel olarak önerilen yöntem, vidanın sabah ve akşam olmak üzere günde 2 çeyrek tur çevrilmesidir (Başçiftçi ve ark. 2002; Lamparski ve ark. 2003; Chung ve Font 2004; Lima ve ark. 2004, 2005; Oliviera ve ark. 2004; Bıçakçı ve ark. 2005; Davidovitch ve ark. 2005; Ramoğlu ve Sarı 2010).

Bazı araştırmacılar da ilk hafta günde 2 kez çevrilmesini ve sutural ayrılma olduktan sonra ise hasta konforunu ve apareyin oynamadan ağızda kalabilmesini sağlayabilmek için günde bir kez çevrilmeye devam edilmesini önermişlerdir (Başçiftçi ve Karaman 2002, Sarı ve ark. 2003). Vidanın günde bir kez çevrilmesi fizyolojik uyum sağlanması ve aşırı rezidüel yük birikiminin önlenmesi açısından da önerilmektedir (Haas 1980; Handelman 1997; Wendling ve ark. 2005). Bu bilgiler ışığında çalışmamız vidanın günde bir kez çevrilmesiyle gerçekleştirilmiş ve midpalatal suturdaki açılma ekspansiyonun farklı günlerinde alınan oklüzal radyografilerle takip edilmiştir. Tüm hastalarda sutural açılma herhangi bir problemle karşılaşılmadan gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda aktif ekspansiyon ortalama 48.12±4.74 gün sürmüştür.

Ekspansiyon sonrası oluşan rezidüel kuvvetlerin dağılması, midpalatal suturun reorganizasyonu ve stabilizasyonu için pekiştirme yapılması gerekmektedir. Çeşitli araştırmacılar tarafından suturun yeniden yapılandırılması ve stabilizasyonu için 3-6 ay pekiştirme periyodu önerilmiştir (Hicks 1978; Bishara ve Staley 1987, McNamara ve Brudon 1993). Çalışmamızda yukarıdaki araştırmacıların çalışmaları ile benzer olarak ekspansiyon sonrası 5 ay pekiştirme yapılmıştır.

5.1. Postero-Anterior Radyografi Bulgularının Değerlendirilmesi

Tedavi grubunda, tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) olmak üzere 3 defa, kontrol grubunda ise tedavi başı (T1) ve pekiştirme sonu (T3) olmak üzere 2 defa posteroanterior sefalometrik film alınmıştır. Kontrol grubunda 2 defa kayıt alınmasının sebebi, tedavi görmeyen bireylerin mümkün olduğunca az radyasyon almasını ve bu süreçten en az derecede etkilenmesini sağlamak içindir.

Nazal kavite genişliğinin tedavi grubunda önemli şekilde arttığı (Çizelge 2) ($p<0.05$), pekiştirme sonunda ekspansiyon ile elde edilen sonuçların hemen hemen aynen korunduğu görülmektedir. Bu değişimler sadece T1-T2 ve T1-T3 dönemlerinde önemli bulunmuştur. RME ile nazal genişlikte artış meydana geldiğini bildiren çalışmalarla, bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar uyum göstermektedir (Wright 1912; Haas 1965 ve 1980; Hershey ve ark. 1976; Bishara ve Staley 1987; Da Silva Filho ve ark. 1995; Memikoğlu ve ark. 1997; İşeri ve ark. 1998; Memikoğlu ve İşeri 1999; Cross ve McDonald 2000; Baccetti ve ark. 2001; Başçiftçi ve Karaman 2002; Başçiftçi ve ark.

2002; Cameron ve ark. 2002; Sarı ve ark. 2003; Chung ve Font 2004; Doruk ve ark. 2004a-b; İşeri ve Özsoy 2004; Ramoğlu ve Sarı 2010).

Yavuz ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada büyüyen bireylerde nazal genişlik artışının yılda ortalama 1 mm olduğunu göstermişlerdir. Çalışmamızda ortalama 7 aylık bir gözlem periyodu göz önüne alındığında, nazal genişlikteki bu artışın büyük bir oranda maksiller ekspansiyona bağlı olduğu görülmektedir.

5.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testine Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Egzersizde kasın artmış enerji ihtiyacı kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin bir arada etkileşim içinde çalışması ile sağlanır. Bu nedenle KPET hücresel, kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin kontrollü metabolik stres altında aynı anda incelenmesine imkan verir (Wasserman ve ark. 1999). Bu hastalarda KPET sadece egzersiz kapasitesinin azaldığını göstermekle kalmaz, aynı zamanda egzersiz intoleransının etyolojisiyle ilgili bilgi verir (Teoh ve ark. 2009). KPET'lerin tedavi öncesi ve tedavi sonrası yapılması ile tedavinin etkinliği de değerlendirilebilir (James ve ark. 1982; Paridon ve ark. 2006).

Kardiyopulmoner egzersiz testi yapılan bir hastanın sonuçları değerlendirilirken, testi tüm yönleriyle ele alan bir yaklaşım gereklidir. Testin yapılış nedeni, bazal klinik ve laboratuvar verileri, test sırasında hastanın gösterdiği efor, testin sonlandırılma nedeni, elde edilen verilerin incelenmesi ve uygun referans değerlerle karşılaştırılması, varsa egzersizi kısıtlayan faktörün fizyolojik olup olmadığı, eşlik eden patolojik durumlar ve sonuçların klinik bulgularla paralellik göstermesi doğru değerlendirme için önemlidir (Mason 2010).

Bu konuda yapılan yayınlarda, çocuklarda uygulanan egzersiz testlerinin ciddi yan etkilerinden sözedilmemesine rağmen, erişkinlerde bildirilen 1/2500 vakada akut miyokard enfarktüsü veya ani ölüm görülme riski (Rodgers ve ark. 2000) nedeniyle test sırasında ek tedbirler alınmıştır. Bu nedenle çalışma grubunun tamamına test öncesinde fizik muayene, EKG ve ekokardiyografik değerlendirmeye ilaveten solunum fonksiyon testi uygulanmış ve ortaya çıkabilecek herhangi bir sağlık problemi ihtimali gözönüne alınarak tüm testler doktor kontrolünde yapılmıştır. Ayrıca test süresince arteriyel oksijen saturasyonu, kalp hızı sürekli olarak takip edilmiştir. Test sonrasında da tüm bireyler bu parametreler normale dönünceye kadar izlenmiştir. Bu gözlemlerde, test sırasında

bireylerin tümünde düzenli olarak artan kalp hızının, egzersiz sonunda kademeli olarak normale döndüğü tespit edilmiştir.

Çalışmamızda tedavi ve kontrol gruplarında yer alan hastalar KPET değerlendirilmesinde cinsiyetlerine göre ayrılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Krahenbuhl ve ark. (1985) da yaptıkları çalışmada, 12 yaşına kadar kızların ve erkeklerin benzer VO_{2pik} değerlerine sahip olduklarını, 14 yaşında VO_{2pik} 'teki farklılığın % 25, 16 yaşında ise % 50'den fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Armstrong ve Welsman (1994) bisiklet ergometresinde 10 yaşından itibaren erkeklerin VO_{2pik} değerlerinin yaklaşık % 2 kızlardan daha yüksek olduğunu, bu değer 12 yaşında % 17, 14 yaşında ise %27 ve 16 yaşında % 37 daha fazla arttığını göstermişlerdir.

Günümüzde kardiyopulmoner egzersiz intoleransının nedenini araştırmaya yönelik çalışmalarda sıklıkla bisiklet ergometrisi veya koşu bandı kullanılmaktadır. Ancak solunum hastalığı olan olgularda, artan iş yükü protokolleri ve dayanıklılık testleri için daha uygun olması ve iş yükünün hesaplanabilmesi gibi sebepler nedeniyle bisiklet ergometresi tercih edilmektedir. Bisiklet ergometrisi ile olguya uygulanacak iş yükü; olgunun boy, vücut ağırlığı, cinsiyet ve istirahatteki tahmini oksijen tüketimi göz önünde bulundurularak değerlendirilebilmektedir (Wasserman ve ark. 1999). Bisiklet ergometresi birçok klinik durumda daha fazla güvenilir fizyolojik ölçümler sağlar (Paridon ve ark. 2006) Elektronik frenli bisiklet ergometrelerinde pedal frekansı değişimlerine göre pedal yükü otomatik olarak ayarlanabilir (Barber 1993). Koşu bandı kullanılarak yapılan KPET'te denge sağlamada zorluk ve bundan kaynaklanabilecek düşme riski bulunmaktadır. Aynı zamanda koşu bandı ile yapılan egzersiz testi boyunca bireyin iş yükünü tam olarak ölçmek zordur. Koşu bandında elde edilen VO_{2pik} değeri bisiklet ergometresi ile yapılan ölçümlerden % 5-10 daha fazladır (Wasserman ve ark. 1999). Bu özellikler gözönüne alınarak çalışmamızda bisiklet ergometresi tercih edilmiştir.

Tekrarlayan test ölçümlerinde öğrenme etkisi test sonuçlarını etkileyen önemli unsurlardan biridir. Bu nedenle çalışma kapsamında uygulanacak testlerden önce, test prosedürü, test ekipmanı ve test ortamına alıştırmaların yapılması gerekmektedir (Casaburi ve ark. 2003). Egzersizle ilgili yapılan eğitim ve deneme, hastanın egzersiz protokolüne uyum göstermesini arttırabilir. Bu da egzersiz eğitiminin güvenle uygulanmasına ve daha güvenilir sonuçlar elde edilebilmesine olanak sağlar (Armstrong ve Welsman 1994;

Donner ve Muir 1997; Martin 1999; Cooper 2001). Çalışmamızda öğrenme etkisinin ortadan kaldırılması amacıyla her çocuğa bir kez alıştırma testi yaptırılmıştır.

KPET'i değerlendiren önemli parametrelerden birisi egzersiz süresidir. Bu süre sabit veya kademeli artan iş yükü protokolleri veya yürüme ve koşma testleri gibi değişken iş yüklerinde ısınma periyodu dışındaki total egzersiz süresidir. Normal bireylerde artan yüke karşı yapılan ve 6-12 dakikalarda tamamlanan test protokollerinde en yüksek VO_2 değerlerinin elde edildiği saptanmıştır. Daha uzun veya daha kısa süreli testler biraz daha düşük sonuçlar vermektedir (Wasserman ve ark. 1999). Bizim çalışmamızda her iki grupta kızlarda ve erkeklerdeki egzersiz süreleri bugüne kadar yapılan çalışmalarda en sık kabul gören değerlerle uyumludur.

5.2.1. Metabolik Parametrelere Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Kardiovasküler performansın göstergesi olarak kabul edilen aerobik güç ya da VO_{2maks} , maksimal istemli bir çalışma sırasında çalışmakta olan kasların kullanabildiği en yüksek oksijen miktarı ve atletik performansı kantitatif olarak ifade eden en iyi parametrelerden birisidir (Howley ve ark. 1995; Bassett ve Howley 2000). VO_{2pik} değeri yaş, boy, cinsiyet, vücut ağırlığı, kondüsyon, vücut kitle indeksi, yapılan egzersizin türü, motivasyon ve çeşitli hastalıklar ile etkilenmektedir (Sue ve Hansen 1984; Johnson ve Badr 1994).

Diğer taraftan, yaygın olarak kullanılan ve VO_2 'deki platoyu ifade eden VO_{2maks} teriminden çok, çocuklarda zirve oksijen tüketimi (VO_{2pik}) teriminin eş anlamlı olarak kullanılmasının daha uygun olacağı belirtilmektedir (Armstrong ve ark. 1991; Armstrong ve Welsman 1994; Armstrong ve ark. 1996; Baquet ve ark.2003).

Bisiklet ergometresi ile yapılan maksimal egzersiz testlerinde az sayıdaki çocuk ve adolesanda oksijen tüketiminin plato yaptığı görülmüştür (Armstrong ve ark. 1991; Cooper ve ark. 1984). Bununla birlikte çocukların oksijen tüketiminde plato göstermeden tükenme seviyesine kadar egzersiz yapabildikleri de ispatlanmıştır (Cooper ve ark. 1984; Rowland ve Cunningham 1992; Armstrong ve Welsman 1994; Armstrong ve ark. 1996). Bazı çalışmalarda test öncesinde VO_2 plato değeri görülen çocukların diğerlerinden (VO_2 plato değeri gösteremeyenlerden) ayırtedilemedikleri bildirilmiştir (Cooper ve ark. 1984). Bunlardan dolayı oksijen tüketiminde plato beklentisi çocuklarda ve adolesanlarda, VO_{2maks} tanım kriteri olarak kullanılmayabilir (Armstrong ve Welsman 1994).

Çalışmamız çocuk hastalar üzerinde yürütüldüğü için VO_{2maks} yerine VO_{2pik} kullanılmıştır.

Palange ve ark. (2007) egzersiz intoleransının derecesinin belirlenmesinde esas olarak, vücut kitlesine göre standardize edilmiş VO_{2pik} değerinin yorumlanmasının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Oksijen tüketimi bireyin vücut ağırlığı ile orantılı olarak arttığı için değişik vücut ağırlığına sahip bireyleri karşılaştırırken elde edilen oksijen tüketimi miktarının vücut ağırlığına bölünerek düzeltme uygulanması gerekmektedir (Bassett ve Howley 2000). Çalışmamızda da oksijen tüketim miktarı vücut ağırlığına bölünerek düzeltme yapılmıştır.

Kullanılan yöntemle göre (koşu bandı, bisiklet ergometresi gibi) değişkenlik sergilemekle birlikte literatürde çocuk ve adolesan için verilen VO_{2pik} aralığı 40-53 ml/kg/dak arasında değişmektedir (Rowland 1996). Literatürdeki koşu bandı ve bisiklet ergometresi ile yapılan bazı araştırmalarda VO_{2pik} ortalama değerlerinin kızlar için 31 ± 2 ile 48.3 ± 7.3 ml/kg/dak erkekler için ise 44.77 ± 8.90 ile 55.39 ± 5.68 ml/kg/dak arasında değiştiği belirtilmiştir (Sheng ve ark. 1996; Prioux ve ark. 1997; Swaminathan ve ark. 1997; Allor ve ark. 2000; Dey ve Debray 2003; Shi ve Selig 2005; Bunc 2006; Rodrigues ve ark. 2006; Barbosa ve ark. 2007; Ten Harkel ve ark. 2011). Bizim çalışmamızda VO_{2pik} değeri her iki grupta, hem kızlarda hem de erkeklerde literatürdeki VO_{2pik} ortalama değerlerinden daha düşük bulunmuştur (Tedavi grubundaki erkeklerde VO_{2pik} değeri 36.06 ± 5.06 ile 42.28 ± 7.58 ml/kg/dak, kızlarda 26.74 ± 6.87 ile 29.04 ± 5.91 ml/kg/dak, kontrol grubundaki erkeklerde 34.76 ± 7.07 ile 37.78 ± 7.23 ml/kg/dak, kızlarda 26.25 ± 3.85 ile 29.87 ± 4.79 ml/kg/dak). Bunun nedeni VO_{2pik} değerinin yaş, boy, cinsiyet ve vücut ağırlığından etkilenmesidir. Ayrıca yukarıdaki VO_{2pik} değerleri normal bireylerle yapılan testler sonucunda elde edilen verilerdir. Bizim çalışmamızda hem tedavi hem de kontrol grubu iskeletsel maksiller darlık gösteren ve RME ihtiyacı olan bireylerden oluşmuştur. Yapılacak karşılaştırma ve klinik değerlendirmelerde bu farklılık gözardı edilmemelidir. Vücut ağırlığı ile relatif ifade edilen aerobik güç değerlerinin erkek çocuklarda belirgin bir değişim göstermediği, kız çocuklarda ise özellikle 13-14 yaşından sonra hafif bir düşüş eğilimi sergileyebildiği, farklı ülkelerde 8 ile 16 yaş aralığındaki sağlıklı normal (antrenmansız) çocuklarla yapılan kesitsel ve longitudinal çalışmaların ortak bulgusudur (Cooper ve ark. 1984; Kemper ve Verschuur 1987; Sunnegardh ve Bratteby 1987; Rutenfranz ve ark. 1990; Armstrong ve ark. 1991; Armstrong ve Welsman 1994;

Welsman ve ark. 1996). Bununla birlikte erkek çocuklardaki relatif aerobik güç değerlerinin ilerleyen yaşla birlikte bir miktar arttığını gösteren bazı çalışmalar da vardır (Rowland ve ark. 1997; Armstrong ve Welsman 2001; Dey ve Debray 2003). Türkiye’de yapılan bir araştırmada yaş ortalaması 11.04 ± 2.33 olan 20 sağlıklı bireyde (11 kız 9 erkek) koşu bandında modifiye bruce protokolü uygulanmış ve VO_{2pik} değeri 35.95 ± 5.87 ml/kg/dak olarak bulunmuştur (Doğru Apti 2011).

Armstrong ve Welsman (1994) ise antrenmansız erkek çocuklara ilişkin mutlak aerobik güç değerlerinin 8-16 yaş aralığında ortalama %11.1’lik yıllık artış gösterdiğini bildirmektedir. Bugüne kadar yayımlanmış araştırma sonuçları da çocuklarda mutlak aerobik güç değerlerinin ilerleyen kronolojik yaş ve olgunlaşmaya bağlı olarak benzer oranlarda arttığını ve mutlak aerobik güç ile vücut boyutları (boy uzunluğu, vücut ağırlığı) ve yağsız vücut kitlesindeki artış dinamiğinin benzer olduğunu göstermektedir (Cooper ve ark. 1984; Kemper ve Verschuur 1987; Paterson ve ark. 1987; Armstrong ve ark. 1991; Baxter-Jones ve ark. 1993; Welsman ve ark. 1996; Gulmans ve ark. 1997; Eisenmann ve ark. 2001; Beunen ve ark. 2002; McMurray ve ark. 2002; Geithner ve ark. 2004).

RME burun kavitesinin hacmini arttırmakta, burun solunumundaki hava yolu direncini düşürmektedir. Verilerimize göre RME, cinsiyete göre gruplandırılmış tedavi ve kontrol grupları arasında VO_{2pik} değerinde anlamlı değişikliğe yol açmamış yani aerobik atletik performansta artış görülmemiştir. Bu bulgumuz atletik performansta artış olduğunu bildiren araştırmalarla (Haas 1961, 1970; Wertz 1970; Timms 1974) uyuşmamaktadır.

Ancak grup içi karşılaştırmalarda tedavi grubunda erkeklerde ve kızlarda, kontrol grubunda ise sadece erkeklerde tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) dönemlerinde iş yükü (W) ölçümleri arası farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılığa testin tekrar edilmesi ile test tekniğinde görülen ilerleme (öğrenme etkisi) ve tedavi başı ve pekiştirme sonu dönemleri arasında geçen 7 aylık süre neden olmuş olabilir. Ayrıca farklı ülkelerdeki çocuklarla yapılmış araştırma sonuçları tam olarak uyuşmamakla birlikte, erkek çocuklarda 14 yaş, kız çocuklarda ise 12 yaş civarını ifade eden hızlı uzama evresinin ve bu evreden birkaç ay sonra gözlenebilen hızlı vücut ağırlığı artışı döneminin aerobik güç gelişimi açısından kritik bir dönem olduğu ve mutlak değerlerde en büyük artış hızının bu iki dönemle eş zamanlı olarak gerçekleştiği

bildirilmektedir (Mirwald ve ark. 1981; Kemper ve Verschuur 1987; Paterson ve ark. 1987; Vanden-Eynde ve ark. 1988; Beunen ve ark. 2002; Geithner ve ark. 2004).

Tüm egzersiz testlerinin aynı araştırmacı tarafından yürütülmesine ve egzersiz sırasında aynı sözel motivasyon yapılmasına rağmen kontrol grubu kızlarda iş yükü açısından önemli bir artış görülmemiştir. Buna, kontrol grubundaki kızların yaş ortalamalarının diğer gruplara göre daha küçük olması nedeniyle test prosedürünün ağır gelmiş olması sebep olabilir. Ten Harkel ve ark. (2011), 8-18 yaş grubu sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmalarında iş yükü (W) değerini bizim bulgularımıza kıyasla erkeklerde daha düşük kızlarda daha yüksek bulmuşlardır. Bizim bulgularımız Ten Harkel ve ark.'nın bulgularıyla uyum göstermemektedir.

5.2.2. Kardiyovasküler Parametrelere Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Kardiyak patolojinin bulunmadığı bireylerde, dinamik egzersiz sırasında iş yükü artışına ve oksijen tüketimine paralel olarak kalp hızı da artar. Bireyler arasında ve kullanılan test cihazına göre (bisiklet ergometresi, koşu bandı) bir miktar değişkenlik göstermekle birlikte (8-10 atım/dk kadar), maksimal egzersiz kalp atım hızının büyüme ve gelişme süreci içerisinde yaklaşık 200 ± 5 atım/dk düzeyinde değerlerle sabit seyrettiği birçok araştırmanın ortak bulgusudur (Mercier ve ark. 1987; Paterson ve ark. 1987; Vanden-Eynde ve ark. 1988; Armstrong ve ark. 1991; Falgairette ve ark. 1991; Tolfrey ve Armstrong 1995; Rowland ve ark. 1997; Armstrong ve Welsman 2001). Benzer biçimde Rowland, çocuklarda maksimal kalp hızı (KH_{maks}) düzeyini tanımlamada >190 nabız/dk değerlerinin kullanılabileceğini belirtmektedir (Rowland 1993, 1996, 2000).

Bu konudaki literatür incelendiğinde ulaşılan kalp hızı değerlerinin bizim çalışmamızdaki kalp hızı değerlerinden daha yüksek değerler olduğu görülmektedir (Rowland ve Boyajian 1995; Santuz ve ark. 1997; Swaminathan ve ark. 1997; Allor ve ark. 2000; Al-Hazzaa 2001; Dey ve Debray 2003; Barbosa ve ark. 2007; Moalla ve ark. 2008). Ancak bu konudaki en güncel çalışma olan Ten Harkel ve ark. (2011)'nin elde ettiği kalp hızı değerleri bizim çalışmamız ile uyumludur.

Kalp hızı, kombine kardiyopulmoner oksijen transportunun önemli parametrelerinden biri olan nabız oksijeninin (VO_2/HR) hesaplanmasında kullanılabilir. Uygulanan iş yüküne verilen yüksek nabız oksijeni yanıtı artmış arteriyovenöz O_2 farkı gibi dolaşımsal değişiklikleri gösterir ve bireyin atletik performansının iyi olduğunu

belirtir. Azalmış nabız oksijeni ise kalp atım hacminde azalmanın (sol ventrikül disfonksiyonu) ya da hücre düzeyinde oksijen kullanımının azalmasının (anemi ya da hipoksemi) göstergesi olabilir (Yu ve ark. 2010). Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler, RME'nin nabız oksijenini (O₂ Pulse) değiştirmedeği yönünde olup, Sheng ve ark.(1996) çalışmasıyla benzerlik gösterirken, Swaminathan ve ark. (1997) çalışmasındaki nabız oksijeni (O₂ Pulse) değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

5.2.3. Respiratuar Parametrelere Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Yükün sürekli olarak arttığı egzersizde dakika solunumu (VE), VO₂ ve VCO₂ deki artışı yansıtır ve egzersiz sırasında gittikçe artar. Çocuklarda kullanılan her bir litre oksijen için erişkinlere göre daha yüksek VE değeri görülür. Bu da çocuklardaki ventilasyon yükünün daha fazla olduğunu gösterir. Literatür incelendiğinde bizim çalışmamızdaki VE değerlerinin, Kock ve Eriksson (1973) ile Swaminathan ve ark.'nın (1997) çalışmalarında elde edilen VE değerlerinden daha yüksek, Rowland ve Cunningham (1997) ile Allor ve ark.'nın (2000) çalışmalarında elde edilen VE değerlerinden daha düşük fakat Rowland ve Boyajian (1995) ile Al-Hazaa'nın (2001) çalışmalarında elde edilen VE değerleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca Kock ve Eriksson (1973), Rowland ve Boyajian (1995), Rowland ve Cunningham (1997), Swaminathan ve ark. (1997) ile Allor ve ark.'nın (2000), çalışmalarında elde edilen VE/VO₂ değerlerinin bizim çalışmamızda elde edilen VE/VO₂ değerlerinden daha düşük, fakat Al-Hazaa'nın (2001) çalışmasında elde edilen değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Egzersiz yoğunluğunda fazla miktarda artış bulunan protokollerde solunumun hızlanmasında yapay bir artış izlenir. Aşırı sıklıktaki solunum fiziksel inaktiviteyi ya da solunum mekaniğinde bir anomalinin varlığını gösterebilir. Ancak, genel olarak çocuklarda maksimal egzersize verilen solunum sıklığı yanıtının erişkinlere oranla çok daha fazla olduğu da unutulmamalıdır (yaşla birlikte azalmakla beraber çoğunlukla 60/dakika'yı geçen sayıda) (Armstrong ve ark. 1997). Literatür incelendiğinde solunum frekansı değerlerinin bizim çalışmamızdaki solunum frekansı değerlerinden daha yüksek değerler olduğu görülmektedir (Kock ve Eriksson 1973; Rowland ve Boyajian 1995; Rowland ve Cunningham 1997; Swaminathan ve ark. 1997; Allor ve ark. 2000; Al-Hazaa 2001).

Sağlıklı bireylerde VD/VT oranı istirahatte yaklaşık olarak 0.3-0.4 tür. Bu değer maksimal egzersizde 0.19-0.21'e düşebilir (Wasserman ve ark. 1999). Çalışmamızda elde ettiğimiz VD/VT değerleri Wasserman'ın bulguları ile uyumludur.

Respiratuar parametrelerde tedavi grubu ile kontrol grubu arasındaki fark önemsiz bulunmuştur, bu duruma egzersiz sırasında burun solunumunun etkinliğinin azalması ve ağız solunumunun etkin olması sebep olabilir. Maksimal egzersiz testlerinde artan oksijen ihtiyacını karşılamak amacıyla solunuma burnun katkısı azalmakta ve ağız solunumu etkin olmaktadır (Wheatley ve ark. 1991; Bennett ve ark. 2003, 2008).

Çalışmamızda, KPET ile elde ettiğimiz parametreler incelendiğinde, bu sistemlerin etkinliğini gösteren VO_{2pik} ve iş yükü gibi parametrelerin yanında diğer parametrelerde de tedavi grubu ile kontrol grubu arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Bu da, parametrelerde gruplar arasında fark olmamasından dolayı RME'nin aerobik atletik performansa etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmasını sağlar. Sonuçlarımızın değerlendirilmesinde, kıyaslamada kullandığımız verilerin sağlıklı bireyler üzerinde yapılan araştırmalara ait veriler olduğu dikkate alınmalıdır.

5.3. Ekokardiyografi Bulgularının Değerlendirilmesi

Bugüne kadar çok sayıda araştırmacı (Mıman ve ark. 2000; Görür ve ark. 2001; Duman ve ark. 2008; Abd El-Moneim ve ark. 2009; Koç ve ark. 2012), hipertrofi nedeniyle adenoidektomi uygulanan çocuklarda tedavi öncesi ve sonrasında yapılan doppler ekokardiyografik ölçümler ile OPAB'ı değerlendirmişler ve operasyon sonrası azaldığını saptamışlardır. Çalışmamızda tedavi ve kontrol grubundaki bireylerin tedavi başı (T1), ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonunda (T3) yapılan ölçümlerin tümünde elde edilen OPAB ve SVEF değerleri, bu yaş grubu için belirlenen normal sınırlar içerisindedir (Ülkemizde adolesan yaş grubundaki bireylerde pulmoner arter basıncı normal değerlerini içeren ayrı bir kılavuz yayımlanmadığından değerlendirmelerde uluslararası standartlar kullanılmıştır). Tedavi ve kontrol grubunu oluşturan bireylerin komorbiditesi olmayanlar arasından özenle seçilmiş olması, anamnezlerinde, kulak-burun-boğaz ve kardiyovasküler sistemi değerlendiren fiziksel muayenelerinde, biyokimyasal testlerinde, elektrokardiyografik ve ekokardiyografik incelemelerinde herhangi bir patolojinin olmaması da (konjenital ya da edinsel kalp hastalıkları, solunum sistemi hastalıkları, nazal obstrüksiyon, adenoid hipertrofilere, tiroid fonksiyon

bozukluğu, anemi gibi eşlik eden hastalıklar) elde edilen ölçümlerin normal sınırlarda bulunmasının ana nedenlerinden biridir.

Göreceli olarak sık görülen doğumsal kalp hastalıkları olan atriyal septal defekte (ASD) sahip bireylerin çoğunun, ventriküler septal defekte (VSD) sahip bireylerin de bir bölümünün erişkin yaşa gelmeden (yaşamın üçüncü ve dördüncü dekadına kadar) semptomlarının ortaya çıkmayabileceği gerçeği de (her iki hastalıkta da ancak ekokardiyografik muayene ile ortaya çıkartılabilmekte) çalışma grubumuzu oluşturan 12-15 yaş arası bireylerde ekokardiyografi bulgularının normal sınırlarda olabileceği düşüncesini desteklemektedir. Kısacası, çalışmaya aldığımız bireylerdeki iskeletsel maksiller darlık henüz solunum ve dolaşım fonksiyonlarını etkilememiş olabilir.

6. SONUÇLAR

1. RME ile nazal kavite genişliğinde önemli bir artış olmuştur.

2. RME etkisiyle, aerobik performansın bir göstergesi olarak kabul edilen VO_{2pik} değerinde değişiklik olmamıştır. Bu nedenle RME aerobik atletik performansta artışa neden olmamıştır.

3. Yaptığımız her üç ölçüme ait iş yükü (W) değerlerinin grup içi karşılaştırmaları incelendiğinde; tedavi grubunda hem kızlarda hem erkeklerde, kontrol grubunda ise sadece erkeklerde önemli bir artış bulunmuştur.

4. Respiratuar parametrelerde (VE, VT, VE/ VO_2 , Sf, Ti, Te, VD/VT) tedavi grubu ile kontrol grubu arasındaki fark önemsizdir.

5. Çalışma grubumuzda RME uygulanan bireylerin ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) ölçümlerinde, tedavi başına göre daha düşük OPAB değerleri elde edilmiştir. Aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Aynı bireylerin ekspansiyon sonu (T2) ve pekiştirme sonu (T3) OPAB değerleri benzer bulunmuştur.

6. KPET'te öğrenme etkisinin ortadan kaldırılması için yaptırılması gereken alıştıırma sayısının standardize edilmesi gereklidir.

7. KPET iskeletsel üst çene darlığı olmayan benzer yaş grubundaki bireylerde de yapılmalıdır.

8. Bizim verilerimiz 7 aylık periyodu kapsamaktadır. Bir yıl ve daha uzun sürelerde değişiklik olabileceği ihtimali de gözönünde tutulmalıdır.

9. RME'nin kardiyopulmoner sistem üzerindeki etkilerini tümüyle açıklamak ve gerekli tedavi standartlarını oluşturmak amacıyla ortodonti, KBB, pediyatrik kardiyoloji ve pediyatrik pulmonoloji uzmanlarının bulunduğu bir ekibin yürüteceği, çalışma protokolü içerisinde ekokardiyografiye ve uygun egzersiz testine ilave olarak akustik rinometri ve polisomnografinin de bulunduğu yöntemlerle; intranazal ve obstrüktif uyku apnesi gibi farklı patolojilerin eşlik ettiği, ancak her türlü anemi, tiroid fonksiyon bozukluğu ve kas hastalıkları gibi kardiyak debiyi arttıran patolojilerin elimine edildiği çok sayıda bireyin randomize edileceği çalışmaların yapılması gereklidir.

7. KAYNAKLAR

- Abd El-Moneim ES, Badawy BS, Atya M. (2009). The effect of adenoidectomy on right ventricular performance in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* Nov; 73 (11):1584-88. Epub 2009 Sep 5.
- Adams WB. (1997). ACC / AHA Guidelines for Exercise testing. *J Am Coll Cardiol.* 30: 260-315.
- Akgün N. Egzersiz ve Spor Fizyolojisi. 6. Baskı, 2. Cilt, Ege Üniv. Basımevi İzmir, 1996.
- Akkaya S, Gülşen A, Taner-Sarısoy L, Balos B. (2002). Evaluation of the effects of maxillary expansion of the nasopharyngeal area, *World Journal of Orthodontics*; 3: 211-16.
- Al-Hazzaa HM. (2001). Development of maximal cardiorespiratory function in Saudi boys. A cross-sectional analysis. *Saudi Med J*; Oct. 22 (10): 875-81.
- Allor KM, Pivarnik JM, Sam LJ, Perkins CD. (2000). Treadmill economy in girls and women matched for height and weight. *J Appl Physiol*; Aug. 89 (2): 512-16.
- Alpern MC, Yurosko JJ. (1987). Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. *Angle Orthodontist*; 57 (3): 245-63.
- Angell EH. (1860). Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. *Dental Cosmos*; 1: 540-44.
- Aras K, Ünlü B, Küçükkeleş N. (1998). Rapid maksiller ekspansiyon sonrası nazofarinkste oluşan sefalometrik değişiklikler. *Türk Ort. Derg*; 11: 26-29.
- Arena R, Myers J, Aslam SS, Varughese EB, Peberdy MA. (2004). Peak VO₂ and VE/VCO₂ slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *Am Heart J.* Feb; 147 (2): 354-60.
- Armstrong FA. Feigenbaum's echocardiography. 7th edition. 816 p. Lippincott Williams & Wilkins. 2009.
- Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, Welsman JR. (1997). Prepubescent's ventilatory responses to exercise with reference to sex and body size. *Chest*; 112: 1554-60.

- Armstrong N, Williams J, Balding J, Gentle P, Kirby B. (1991). The peak oxygen uptake of British children with reference to age, sex and sexual maturity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 62(5), 369-75.
- Armstrong N, Welsman J, Winsley R. (1996). Is peak VO₂ a maximal index of children's aerobic fitness? *Int J Sports Med*; 17 (5), 356-59.
- Armstrong N. Welsman JR. (1994) Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise and sport sciences reviews*; Jan. 22 (1); 435-76.
- Armstrong, N., Welsman, J.R. (2001). Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *Eur. J. Appl. Physiol*; 85 (6), 546-51.
- Asanza S, Cisneros GJ, Nieberg LG. (1997). Comparison of Hyrax and bonded expansion appliances. *Angle Orthod*; 67: 15-22.
- Ateş M.B. (2008) Hızlı üst çene genişletmesi sonrası boyutsal değişikliklerin ölçümünde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması, Doktora Tezi, İstanbul.
- Babacan H, Sökücü O, Doruk C, Ay S. (2006). Rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion effects on nasal volume. *Angle Orthod* 76: 66-71.
- Baccetti T, Franchi L, Christopher G, McNamara J. (2001). Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*; 71: 343-50.
- Ballanti F, Lione R, Baccetti T, Franchi L, Cozza (2010). P. Treatment and post-treatment skeletal effects of rapid maxillary expansion investigated with low-dose computed tomography in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Sep: 138 (3): 311-17.
- Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med*; 33 (15), 1127-43.
- Barber G. (1993). Pediatric Exercise Testing Methodology, Equipment, and Normal Values. *Prog Pediatr Cardiol*; 2 (2): 4-10.
- Barbosa e Silva O, Saraiva LC, Sobral Filho DC. (2007). Treadmill stress test in children and adolescents: higher tolerance on exertion with ramp protocol. *Arq Bras Cardiol*; Dec. 89 (6): 391-97.

- Başçiftçi FA, Karaman AI. (2002). Effects of a modified acrylic bonded rapid maxillary expansion appliance and vertical chin cap on dentofacial structures. *Angle Orthod.* Feb 72 (1): 61-71.
- Başçiftçi FA, Mutlu N, Karaman AI, Malkoç S, Küçükkolbaşı H. (2002). Does the timing and method of rapid maxillary expansion have an effect on the changes in nasal dimensions? *Angle Orthod*; 72: 118-23.
- Bassett D.R., Howley, E.T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc*; 32 (1), 70-84.
- Baxter-Jones A, Goldstein H, Helms P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *J Appl Physiol*; 75 (3), 1160-67.
- Bennett WD, Zeman KL, Jarabek AM. (2003). Nasal contribution to breathing with exercise: effect of race and gender. *J Appl Physiol*; Aug; 95 (2): 497-503. Epub 2003 Apr 11.
- Bennett WD, Zeman KL, Jarabek AM. (2008) Nasal contribution to breathing and fine particle deposition in children versus adults. *J Toxicol Environ Health A.*; 71 (3): 227-37.
- Beunen GP, Baxter-Jones AD, Mirwald RL, Thomis M, Lefevre J, Malina RM, Bailey DA. (2002). Intraindividual allometric development of aerobic power in 8 to 16-year old boys. *Med Sci Sports Exerc*; 34 (3), 503-10.
- Bıçakçı AA, Açar U, Sökücü O, Babacan H, Doruk C. (2005). Nasal airway changes due to rapid maxillary expansion timing. *Angle Orthod*; 75: 1-6.
- Biederman W. (1968). A hygienic appliance for rapid expansion. *J Pract Orthod*; 2: 67-70.
- Biederman W, Chem B. (1973). Rapid correction of class III malocclusion by midpalatal expansion. *Am J Orthod*; 63: 47-55.
- Bishara SE, Staley RN. (1987). Maxillary expansion: Clinical implications, *Am J Orthod Dentofac Orthop*; 91: 3-14.
- Bonow RO, Mann DL. *Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 9th edition. 2136 p. Saunders. 2011.

- Brown GVI. (1903). The application of orthodontia principles to the prevention of nasal disease. *Dent Cosmos*; 45: 765-75.
- Bunc V. (2006). Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of Czech children. *Acta Univ. Palacki. Olomuc. Gymn.* Vol. 36, No 4. 39-45.
- Cameron CG, Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. (2002). Long-term effects of rapid maxillary expansion: a posteroanterior cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 121: 129-35.
- Cappellette M Jr, Cruz OL, Carlini D, Weckx LL, Pignatari SS. (2008). Evaluation of nasal capacity before and after rapid maxillary expansion. *Am J Rhinol*; Jan-Feb 22 (1): 74-77.
- Casaburi R, Prefaut C, Cotes JE. (1997). Equipment, measurements and quality control in clinical exercise testing. *Eur Respir J*; 6: 3-31.
- Casaburi R, Marciniuk D, Beck K, Zeballos J, Swanson G, Myers J, Scirba F. (2003) ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*; 167: 211-77.
- Chiari S, Romsdorfer P, Swoboda H, Bantleon HP, Freudenthaler J. (2009) Effects of rapid maxillary expansion on the airways and ears-a pilot study. *Eur J Orthod*; 31(2): 135-41.
- Christie KF, Boucher N, Chung CH. (2010). Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Apr 137 (4 Suppl): S79-85.
- Chung CH, Font B. (2004). Skeletal and dental changes in the sagittal, vertical, and transverse dimensions after rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 126: 569-75.
- Chung JC. (2006). Redirecting the growth pattern with rapid maxillary expander and chin cup treatment: changing breathing pattern from oral to nasal. *World J Orthod* Fall 7 (3): 236-53.
- Ceroni Compadretti G, Tasca I, Alessandri-Bonetti G, Peri S, D'Addario A. (2006a). Acoustic rhinometric measurements in children undergoing rapid maxillary expansion. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* Jan; 70(1): 27-34.

- Cohen M, Silverman E. (1973). A new and simple palate splitting device. *J Clin Orthod*, 7 (6): 368-69.
- Compadretti GC, Tasca I, Bonetti GA. (2006b). Nasal airway measurements in children treated by rapid maxillary expansion. *Am J Rhinol*; Jul-Aug 20 (4): 385-93.
- Comroe JH. *Physiology of respiration*. Çeviri: Akgün N. *Solunum fizyolojisi*. 22. Ege Üniversitesi Matbaası, 1976.
- Cooper DM, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K. (1984). Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *J Appl Physiol*; 56 (3): 628-34.
- Cooper CB. (2001). Exercise in chronic pulmonary disease: Aerobic exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*; September, 33 (7), 671-79
- Cooper CB, Storer TW. *Egzersiz testleri ve yorumu: Pratik yaklaşım*. Çeviri ed.: Kayserilioğlu A. Çavuşoğlu H. Yüce Yayınları. 2003.
- Cozzani M, Rosa M, Cozzani P, Siciliani G (2003) Deciduous dentition anchored rapid maxillary expansion in crossbite and non-crossbite mixed dentition patients: Reaction of the permanent first molar, *Prog Orthod*, 4:15–22.
- Cross D, McDonald J. (2000). Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental and nasal structures: a posteroanterior cephalometric study. *Eur J Orthod*; 22: 519-28.
- Da Silva Filho OG, Boas MCV, Capelozza Fo L (1991). Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: A cephalometric evaluation, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 100: 171-81.
- Da Silva Filho OG, Montes LA, Torelly LF. (1995). Rapid maxillary expansion in the deciduous and mixed dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*; 107: 268-76.
- Davidovitch M, Efstathiou S, Sarne O, Vardimon AD. (2005). Skeletal and dental response to rapid maxillary expansion with 2- versus 4-band appliances, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 127: 483-92.

- De Felipe NL, Bhushan N, Da Silveira AC, Viana G, Smith B. (2009). Long-term effects of orthodontic therapy on the maxillary dental arch and nasal cavity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Oct 136 (4): 490. e1-e8.
- Dey SK, Debray P. (2003). A comparative study of maximal aerobic power of school boys of east and north-east regions of India. *Indian Pediatr.* Feb; 40 (2): 105-14.
- Di Prampero PE. (1999). A brief comment on the factors limiting maximal oxygen consumption in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol;* 80(5): 516-17.
- Doğru Apti M. (2011). Jüvenil idiyopatik artritli çocukların kardiyopulmoner kapasitelerinin egzersiz testi ile tayini: Subgrupların kendi içinde karşılaştırılması, Uzmanlık Tezi, İstanbul.
- Donner CF, Muir JF. (1997). Selection criteria and programmes for pulmonary rehabilitation in COPD patients. *Eur Respir J;* 10: 744-57.
- Doruk C, Bıçakçı AA, Başçiftçi FA, Ağar U, Babacan H. (2004a). A comparison of the effects of rapid maxillary expansion and fan-type rapid maxillary expansion on dentofacial structures. *Angle Orthod.* Apr 74 (2): 184-94.
- Doruk C, Sökücü O, Sezer H, Canbay EI (2004b). Evaluation of nasal airway resistance during rapid maxillary expansion using acoustic rhinometry. *Eur J Orthod.* Aug 26 (4): 397-401.
- Doruk C. (2004c). Hızlı üst çene genişletmesi ile nazal hava yolunda meydana gelen değişikliklerin bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi. *Türk Ortodonti Dergisi;* 17: 189-93.
- Doruk C, Sökücü O, Bıçakçı AA, Yılmaz U, Taş F. (2007). Comparison of nasal volume changes during rapid maxillary expansion using acoustic rhinometry and computed tomography. *Eur J Orthod.* Jun 29 (3): 251-55.
- Douglas PS, Garcia MJ, Haines DE. et. al. (2011). Appropriate use criteria for echocardiography: a report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of

Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 24: 229-67.

Duman D, Naiboğlu B, Esen HE, Zor Toros S, Demirtunç R. (2008). Impaired right ventricular function in adenotonsillar hypertrophy. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. Vol. 24, Number 3, 261-67.

Eisenmann JC, Pivarnik JM, Malina RM. (2001). Scaling peak VO₂ to body mass in young male and female distance runners. *J Appl Physiol*; 90, 2172-80.

Ekström C, Henrikson CO, Jensen R. (1977). Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. *Am J Orthod*. 71 (4): 449-55.

Enoki C, Valera FC, Lessa FC, Elias AM, Matsumoto MA, Anselmo-Lima WT. (2006). Effect of rapid maxillary expansion on the dimension of the nasal cavity and on nasal air resistance. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. Jul 70 (7): 1225-30 (Epub 2006, Feb 23).

Ergen E, Demirel H, Güner R, Turnagöl H: Spor Fizyolojisi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayın No: 584, Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 278; 1993.

Falgairrette G, Bedu M, Fellmann N, Van-Praagh E, Coudert J. (1991). Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 62 (3), 151-56.

Farronato G, Maspero C, Russo E, Periti G, Farronato D. (2008). Headache and transverse maxillary discrepancy. *J Clin Pediatr Dent*. Fall 33 (1): 67-74.

Feinstein RA, LaRussa J, Wang-Dohlman A, Bartolucci AA. (1996). Screening adolescent athletes for exercise-induced asthma. *Clin J Sport Med*; 6: 119-23.

Franchi L, Baccetti T, Lione R, Fanucci E, Cozza P. (2010) Modifications of midpalatal sutural density induced by rapid maxillary expansion: A low-dose computed-tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Apr;137(4): 486-88.

Frank BW, Jason PM (2003) Age Associated declines in exercise time to exhaustion and ventilatory parameters in trained cyclist, *Journal of exercise Physiology*, 6 (1): 12-20.

- Freedson PS, Goodman TL. (1993). Measurement of Oxygen Consumption in: Rowland TW. Pediatric Laboratory Exercise Testing. Human Kinetics Publishers; 91-115.
- Fuster V. Walsh R. Harrington R. Hurst's The Heart. 13th edition. 2500 p. McGraw-Hill. 2010.
- Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. (2008) Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop. Jul; 134 (1): 8-9.
- Geithner CA, Thomis MA, Vanden Eynde B. et al. (2004). Growth in peak aerobic power during adolescence. Med Sci Sports Exerc; 36 (9), 1616-24.
- Gonang W F. Tıbbi Fizyoloji. 20. Baskı, Nobel Tıp Kitapevi, Ankara. 2002.
- Görgülü S, Gökçe SM, Ölmez H, Sağdıç D, Örs F. (2011). Nasal cavity volume changes after rapid maxillary expansion in adolescents evaluated with 3-dimensional simulation and modeling programs. Am J Orthod Dentofacial Orthop. Nov: 140 (5): 633-40.
- Görür K, Döven O, Ünal M, Akkuş N, Özcan N. (2001). Preoperative and postoperative cardiac and clinical findings of patients with adenotonsillar hypertrophy. Int J Pediatr Otorhi-nolaryngol; 59: 41-6.
- Gray LP. (1975). Results of 310 cases of rapid maxillary expansion selected for medical reason. J Laryn Otol; 89: 601-14.
- Gray LP. (1987). Rapid maxillary expansion and impaired nasal respiration. Ear Nose Throat J; 66: 248-51.
- Gulmans VAM, De Meer K, Binkhorst RA, Helders PJM, Saris WHM. (1997). Reference values for maximum work capacity in relation to body composition in healthy Dutch children. Eur Respir J; 10: 94-7.
- Guyton AC, Hall JE. Tıbbi Fizyoloji. 10. Baskı (Türkçe), İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri Ltd. Şti. 2001.
- Günay M. Egzersiz Fizyolojisi. 129-30. Bağırhan Yayımevi, Ankara, 1998.
- Günay M, Cicioğlu İ. Spor Fizyolojisi. 1. Baskı, Ankara: Gazi Kitapevi. 2001.

- Haas AJ. (1961). Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*; 31: 73-89.
- Haas AJ. (1965). The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*; 35: 200-17.
- Haas AJ. (1970). Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod*;57:219-55.
- Haas AJ. (1980). Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion. *Angle Orthod*. 50 (3): 189-217.
- Halazonetis DJ, Katsavrias E, Spyropoulos MN. (1994). Changes in cheek pressure following rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod*; 16: 295-300.
- Halıcıoğlu K, Kılıç N, Yavuz İ, Aktan B. (2010). Effects of rapid maxillary expansion with a memory palatal split screw on the morphology of the maxillary dental arch and nasal airway resistance. *Eur J Orthod*. Dec 32(6): 716-20. (Epub 2010 Apr 19).
- Handelman CS. (1997). Nonsurgical rapid maxillary alveolar expansion in adults: a clinical evaluation, *Angle Orthodontist*, 67 (4): 291-308.
- Haralambidis A, Arı-Demirkaya A, Acar A, Küçükkeleş N, Ateş M, Özkaya S. (2009). Morphologic changes of the nasal cavity induced by rapid maxillary expansion: a study on 3-dimensional computed tomography models *Am J Orthod Dentofacial Orthop* Dec 136 (6): 815-21.
- Hartgerink DV, Vig PS, Abbott DW. (1987). The effect of rapid maxillary expansion on nasal airway resistance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Nov 92 (5): 381-89.
- Hershey HG, Stewart BL, Warren DW. (1976). Changes in nasal airway resistance associated with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod*; 69 (3): 274-84.
- Hicks EP. (1978). Slow maxillary expansion: A clinical study of the skeletal vs. dental response in low magnitude force. *Am J Orthod*; 73: 121-41.
- Howe RP. (1982). Palatal expansion using a bonded appliance. Report of a case. *Am J Orthod* 1982; 82: 464-68.

- Howes AE. (1952). Case analysis and treatment planning based upon the relationship of tooth material to its supporting bone. *Am J Orthod Dentofac Orthop*; 33: 499-533.
- Howley ET, Bassett DR, Welch HG. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med. Sci. Sports Exerc*; 27(9): 1292-1301.
- Isaacson RJ, Ingram AH. (1964). II. Forces present during treatment. *Angle Orthod*; 34: 261-70.
- İşeri H, Tekkaya AE, Öztan O, Bilgiç S. (1998). Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *Eur J Orthod*; 20 (4): 347-56.
- İşeri H, Özsoy S. (2004). Semirapid maxillary expansion: A study of long-term transverse effects in older adolescents and adults. *Angle Orthod*; 74: 71-78.
- James FW, Blomqvist CG, Freed MD. et al. (1982). Standards for exercise testing in the pediatric age group: American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young: Ad Hoc Committee on Exercise Testing. *Circulation*; 66: 1377A–1397A.
- Johnson BD, Badr MS, Dempsey JA. (1994). Impact of the aging system on the response to exercise. *Clin Chest Med*; 229-46.
- Kemper HC, Verschuur R. (1987). Longitudinal study of maximal aerobic power in teenagers. *Ann Hum Biol*; 14 (5), 435-44.
- Koç S, Aytekin M, Kalay N. et. al. (2012). The effect of adenotonsillectomy on right ventricle function and pulmonary artery pressure in children with adenotonsillar hypertrophy. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*; Jan; 76 (1): 45-8. Epub 2011 Oct 13.
- Kock G, Eriksson BO. (1973). Effect of physical training on pulmonary ventilation and gas exchange during submaximal and maximal work in boys aged 11 to 13 years. *Scand J Clin Lab Invest*; Jan. 31(1): 87-94.
- Korkhaus G. (1960). Present orthodontic thought in Germany: Jaw widening with active appliances in cases of mouthbreathing. *Am J Orthod*; 46: 187-206.

- Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev*; 13: 503-38.
- Kutin G, Hawes RR. (1969). Posterior cross-bites in the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod*; 56: 491-504.
- Lamparski D.G. Jr, Rinchuse DJ, Close JM, Sciote JJ. (2003). Comparison of skeletal and dental changes between 2-point and 4-point rapid palatal expanders, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123: 321-28.
- Langer MR, Itikawa CE, Valera FC, Matsumoto MA, Anselmo-Lima WT. (2011). Does rapid maxillary expansion increase nasopharyngeal space and improve nasal airway resistance? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. Jan 75 (1): 122-25.
- Linder-Aronson S.(1970) Adenoids: their effect on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition. *Acta Otolaryngol. Supp.*, 265: 1-132.
- Lima AL, Filho RM, Lima AC, de Oliveira Ruellas AC. (2003). Spontaneous correction of Class II malocclusion after rapid palatal expansion. *Angle Orthod*; 73: 745-52.
- Lima AC, Lima AL, Filho RM, Oyen OJ. (2004). Spontaneous mandibular arch response after rapid palatal expansion: A long-term study on Class I malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 126: 576-82.
- Martin L. (1999). Methods of assessing exercise capacity. In: Cherniack NS, Altose MD, Homma I. *Rehabilitation of the patients with respiratory disease*. New York: McGraw-Hill Comp: 217-32.
- Mason RJ. Murray & Nadel's textbook of respiratory medicine. 5th ed. 2323 p. Saunders. 2010.
- Matsumoto MA, Itikawa CE, Valera FC, Faria G, Anselmo-Lima WT. (2010). Long-term effects of rapid maxillary expansion on nasal area and nasal airway resistance. *Am J Rhinol Allergy*. Mar-Apr; 24 (2): 161-65.
- McArdle WD, Katch FL, Katch VL, *Essentials of Exercise Physiology*, 2nd ed. Lippicott Williams& Wilkins, U.S.A. 2002.

- McMurray RG, Harrell JS, Bradley, CB, Deng S, Bangdiwala SI. (2002). Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender, and ethnicity. *Med Sci Sports Exerc*; 34 (1), 145-51.
- McNamara JA, Brudon WL. Orthodontic and orthopedic treatment in the mixed dentition. First edition. Ann Arbor. Needham Press Inc. 365 p. 1993.
- McNamara JA. (2000). Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 117: 567-70.
- McNamara JA. (2002). Early intervention in the transverse dimension: is it worth the effort? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 121: 572-74.
- Memikoğlu TU, İşeri H, Uysal M. (1997). Comparison of dentofacial changes with rigid acrylic bonded and haas type banded rapid maxillary expansion devices. *Türk Ortodonti Dergisi*; 10: 255-64.
- Memikoğlu TU, İşeri H. (1999). Effects of a bonded rapid maxillary expansion appliance during treatment. *Angle Orthod*; 69: 251-56.
- Mercier J, Vago P, Ramonatxo M, Bauer C, Prefaut C. (1987). Effect of aerobic training quantity on the VO_{2max} of circumpubertal swimmers. *Int J Sports Med*; 8 (1), 26-30.
- Mew J. (1983). Relapse following maxillary expansion. A study of twenty-five consecutive cases. *Am J Orthod*; 83: 56-61.
- Miman MC, Kirazlı T, Özyürek R. (2000). Doppler echocardiography in adenotonsillar hypertrophy. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*; Aug 11; 54 (1): 21-6.
- Mirwald RL, Bailey DA, Cameron N, Rasmussen RL. (1981). Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. *Ann Hum Biol*; 8 (5), 405-14.
- Moalla W, Dupont G, Temfemo A, Maingourd Y, Weston M, Ahmaidi S. (2008). Assessment of exercise capacity and respiratory muscle oxygenation in healthy children and children with congenital heart diseases. *Appl Physiol Nutr Metab*; Jun; 33 (3): 434-40.

- Monini S, Malagola C, Villa MP. et. al. (2009). Rapid maxillary expansion for the treatment of nasal obstruction in children younger than 12 years. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. Jan 135 (1): 22-27.
- Montgomery W, Vig PS, Staab EV, Matteson SR. (1979). Computed tomography: A three dimensional study of the nasal airway. *Am J Orthod Dentofac Orthop*; 76: 363-75.
- Oliveira NL, Da Silveira AC, Kusnoto B, Viana G. (2004). Three-dimensional assessment of morphologic changes of the maxilla: a comparison of 2 kinds of palatal expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 126 (3): 354-62.
- Oliveira NL Assessment of rapid maxillary expansion and its effects on the nasal cavity's size and airway resistance. 103 p. University of Illinois at Chicago. Doctoral thesis, 2005.
- Otto C. Textbook of clinical echocardiography. 4th edition. 608 p. Saunders. 2009.
- Özben B, Başaran Y. (2010). Pulmoner arteriyel hipertansiyonda ekokardiyografi ve diğer görüntüleme yöntemleri. *Anadolu Kardiyol Derg*; 10: Özel Sayı 1; 27-35.
- Palaisa J, Ngan P, Martin C, Razmus T. (2007). Use of conventional tomography to evaluate changes in the nasal cavity with rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Oct; 132 (4): 458-66.
- Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R. et. al. (2007). Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J*; 29: 185-209.
- Paridon SM, Alpert BS, Boas SR. et. al. (2006). Clinical Stress Testing in the Pediatric Age Group : A Statement From the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension and Obesity in Youth. *Circulation*; 113: 1905-20.
- Paterson DH, McLellan TM, Stella RS, Cunningham DA. (1987). Longitudinal study of ventilation threshold and maximal O₂ uptake in athletic boys. *J Appl Phys*; 62 (5), 2051-57.
- Pfaff W. (1905). Stenosis of the nasal cavity caused by contraction of the palatal arch and abnormal position of the teeth: Treatment by expansion of the maxilla. *Dent Cosmos* 47: 570-73.

- Prioux J, Ramonatxo M, Mercier J, Granier P, Mercier B, Prefaut C. (1997). Changes in maximal exercise ventilation and breathing pattern in boys during growth: a mixed cross-sectional longitudinal study. *Acta Physiol Scand*; Dec. 161 (4): 447-58.
- Proffit WR, Fields HW. *Contemporary orthodontics*. Fourth edition, Mosby-Elsevier. 2007.
- Ramoğlu SI, Sarı Z. (2010). Maxillary expansion in the mixed dentition: rapid or semi-rapid? *Eur J Orthod*. Feb 32 (1): 11-18 (Epub 2009 Oct 1).
- Reed N, Ghosh J, Nanda RS (1999). Comparison of treatment outcomes with banded and bonded RPE appliances, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116: 31-40.
- Ribeiro AN, de Paiva JB, Rino-Neto J, Illipronti-Filho E, Trivino T, Fantini SM. (2011). Upper airway expansion after rapid maxillary expansion evaluated with cone beam computed tomography. *Angle Orthod*. Oct 17. E-pub (ahead of print) PMID: 21999215.
- Rodgers GP, Ayanian JZ, Balady G, et al. (2000). American College of Cardiology/American Heart Association Clinical Competence Statement on Stress Testing. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians-American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence. *Circulation*; 102: 1726-38.
- Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. (2006). Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. *J Pediatr (Rio J)*; Nov-Dec; 82 (6): 426-30. (Epub 2006 Sep 21).
- Rosenthal M, Bush A. (1998). Haemodynamics in children during rest and exercise: methods and normal values. *Eur Respir J*; 11: 854-65.
- Rowland TW. (1990). Development aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports Med*; 10: 255–66.
- Rowland TW, Cunningham LN. (1992). Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. *Chest*; Feb. 101(2): 485-89.

- Rowland TW. (1993). Does peak VO₂ reflect VO₂max in children? Evidence from supramaximal testing. *Med Sci Sports Exerc*; 25, 689-93.
- Rowland TW, Boyajian A. (1995). Aerobic Response to Endurance Exercise Training in Children. *Pediatrics*; Vol. 96, No: 4, Oct. 1, 654-58.
- Rowland TW. *Developmental Exercise Physiology*. Human Kinetics, Champaign, IL. 1996.
- Rowland TW, Cunningham LN. (1997). Development of ventilatory responses to exercise in normal white children. A longitudinal study. *Chest*; Feb. 111(2): 327-32.
- Rowland T, Vanderburgh P, Cunningham L. (1997). Body size and the growth of maximal aerobic power in children: A longitudinal analysis. *Pediatr. Exer. Sci*; 9, 262-74.
- Rowland TW. *Exercise Science and The Child Athlete, "Exercise and Sport Science"* (Ed's. WE Garrett, DT Kirkendall), 339-49. Lippincott -Williams and Wilkins, Philadelphia. 2000.
- Rutenfranz J, Macek M, Lange Andersen K, et al. (1990). The relationship between changing body height and growth related changes in maximal aerobic power. *Eur J Appl Physiol*; 60. 282-87.
- Saltin B, Astrand PO. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*; 23 (3): 353-58.
- Santuz P, Baraldi E, Filippone M, Zacchello F. (1997). Exercise performance in children with asthma: is it different from that of healthy controls? *Eur Respir J*; Jun. 10 (6):1254-60.
- Sarı Z, Uysal T, Üşümez S, Başçiftçi F. (2003). Rapid maxillary expansion. Is it better in the mixed or in the permanent dentition? *Angle Orthod*. 73: 654-61.
- Sarver DM, Johnston MW. (1989). Skeletal changes in vertical and anterior displacement of the maxilla with bonded rapid palatal expansion appliances, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 95: 462-66.
- Sheng LW, Ye JC, Qing ZY, Živičnjak M, Xin SL, Jie GM. (1996). Maximal aerobic power in children and adolescents of Beijing, China. *American Journal of Human Biology*; Vol. 8, Issue 4, 497-503.

- Shi JR, Selig S (2005). Cardiac structure and function in young endurance athletes and non-athletes. *J Exerc Sci Fit*; Vol 3, No 2. 74-80.
- Solomon EP. Introduction to human anatomy and physiology. Çeviri: Süzen LB. İnsan anatomisi ve fizyolojisine giriş. İstanbul: Birol Basın Yayın Dağıtım, 2000.
- Sökücü O, Doruk C, Uysal OI. (2010). Comparison of the effects of RME and fan-type RME on nasal airway by using acoustic rhinometry. *Angle Orthod Sep 80 (5)*: 870-75.
- Spolyar JL (1984) The design, fabrication, and use of a full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance, *American Journal of Orthodontics*; 86(2): 136-45.
- Staley RN, Stuntz WR, Peterson LC. (1985). A comparison of arch widths in adults with normal occlusion and adults with class II, Division 1 malocclusion. *Am J Orthod*; 88: 163-69.
- Stewart BL. (1974). The effect of rapid maxillary expansion on nasal resistance. [Master's thesis]. University of North Carolina. Chapel Hill, North Carolina.
- Stickland MK, Anderson WD, Haykowsky MJ, Welsh RC, Petersen SR, Jones RL. (2004). Effects of prolonged exercise to exhaustion on left-ventricular function and pulmonary gas exchange. *Respir Physiol Neurobiol. Sep 15*; 142 (2-3): 197-209.
- Stuart DA, Wiltshire WA (2003). Rapid palatal expansion in the young adult; time for a paradigm shift?, *Journal of the Canadian Dental Association*, 69(6):374-7.
- Subtelny JD. (1980). Oral respiration: Facial maldevelopment and corrective dentofacial orthopedics. *Angle Orthod*; 50: 147-64.
- Sue DY, Hansen JE. (1984). Normal values in adults during exercise testing. *Clin Chest Med 5*: 89-97.
- Sunnegardh J, Bratteby LE. (1987). Maximal oxygen uptake, anthropometry and physical activity in a randomly selected sample of 8 and 13 year old children in Sweden. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 56 (3), 266-72.

- Swaminathan S, Vijayan VK, Venkatesan P, Kuppurao KV. (1997). Aerobic capacity and cardiopulmonary response to exercise in healthy south Indian children. *Indian Pediatr*; Feb. 34 (2): 112-18.
- Ten Harkel AD, Takken T, Van Osch-Gevers M, Helbing WA. (2011). Normal values for cardiopulmonary exercise testing in children. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*; Feb. 18 (1): 48-54.
- Teoh OH, Trachsel D, Mei-Zahav M. et al. (2009). Exercise testing in children with lung diseases. *Paediatr Respir Rev*; 10: 99-104.
- Timms DJ. (1974). Some medical aspects of rapid maxillary expansion. *Br J Orthod*;1: 127-32.
- Timms DJ. Rapid maxillary expansion, Quintessence Publishing Co. 1981. Chicago.
- Timms DJ. (1984). The reduction of nasal airway resistance by rapid maxillary expansion and its effect on respiratory disease. *J Laryngol Otol. Apr*; 98 (4): 357-62.
- Timms DJ. (1986). The soft underbelly or RME revisited. *Am J Orthod Dentofac Orthop*; 5: 443-45.
- Timms DJ. (1987). Rapid maxillary expansion in the treatment of nasal obstruction and respiratory disease. *Ear Nose Throat J. Jun* 66 (6): 242-47.
- Timms DJ, Trenouth MJ. (1988). A quantified comparison of craniofacial form with nasal respiratory function. *Am J Orthod Dentofac Orthop*; 94: 216-21.
- Tolfrey K, Armstrong N. (1995). Child - adult differences in whole blood lactate responses to incremental treadmill exercise. *Br J Sports Med*; 29, 196-99.
- Turbyfill WJ. (1976). The long term effect of rapid maxillary expansion. [Master's thesis]. Chapel Hill, North Carolina: University of North Carolina.
- Vanden-Eynde B, Vienne D, Vuylsteke-Wauters M, Van Gerven D. (1988). Aerobic power and pubertal peak height velocity in Belgian boys. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 57 (4), 430-34.
- Warren DW, Hershey HG, Turvey TA, Hinton VA, Hairfield WM. (1987). The nasal airway following maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 91:111-16.

- Washington RL, Bricker JT, Alpert BS. Ve ark. (1994) Guidelines for exercise testing in the pediatric age group. From the Committee on Atherosclerosis and Hypertension in Children, Council on Cardiovascular Disease in the Young, the American Heart Association. *Circulation*. Oct; 90(4): 2166-79.
- Wasserman K, Hansen EJ, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Third edition. Lippincott Williams and Wilkins. 1999: 2-121.
- Weber KT, Fishman AP. (1998). *Principles and applications of cardiopulmonary exercise testing*. *Pulmonary Diseases and Disorders*. 3rd ed. Mc Graw-Hill: 575-88.
- Welsman JR, Armstrong N, Nevill AM, Winter EM, Kirby BJ. (1996). Scaling peak VO₂ for differences in body size. *Med Sci Sports Exerc*; 28 (2), 259-65.
- Wendling LK, McNamara JA, Franchi L, Baccetti T. (2005). A Prospective study of the short-term treatment effects of the acrylic-splint rapid maxillary expander combined with the lower schwarz appliance, *Angle Orthod*; 75: 7-14.
- Wertz RA. (1968). Changes in nasal airflow incident to rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*; 38: 1-11.
- Wertz RA. (1970). Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod*; 58: 41-66.
- Wheatley JR, Amis TC, Engel LA. (1991). Oronasal partitioning of ventilation during exercise in humans. *J Appl Physiol*. Aug; 71(2): 546-51.
- White BC, Woodside DG, Cole P. (1989). The effect of rapid maxillary expansion on nasal airway resistance. *J Otolaryngol*. 18(4):137-43.
- Wilmore JH, Costil DL, *Physiology of Sport and Exercise*, 2nd ed. U.S.A. 1999.
- Wright GH. (1912). A group of deformities of nasal respiratory tract coincident with dental irregularities. *Dent Cosmos*; 54: 261.
- Yavuz İ, İkbal A, Baydaş B, Ceylan İ. (2004). Longitudinal posteroanterior changes in transverse and vertical craniofacial structures between 10 and 14 years of age. *Angle Orthod*; 74: 624-29.
- Yock PG, Popp RL. (1984). Noninvasive estimation of right ventricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation*; 70:

Yu CCW, McManus AM, Li AM, Sung RYT, Armstrong N. (2010). Cardiopulmonary Exercise Testing in Children. *HK J Paediatr (new series)*; 15: 35-47.

Zhao Y, Nguyen M, Gohl E, Mah JK, Sameshima G, Enciso R. (2010). Oropharyngeal airway changes after rapid palatal expansion evaluated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Apr 137 (4 Suppl): S71-78.

Zimring JF, Isaacson RJ. (1965). Forces produced by rapid maxillary expansion III. Forces present during retention. *Angle Orthod*; 35: 178-86.

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Berna Zorkun (Dönmez)
Doğum Yeri ve Tarihi	Ankara, 23.10.1968
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti A.B.D., 58140 Sivas
E-posta Adresi	bernazorkun@gmail.com

Eğitim

Lise	Nazilli Lisesi, 1985
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi 1990

İş Tecrübesi

Serbest Diş Hekimliği	Diş hekimi, 1990 – 2002
T.C. Sağlık Bakanlığı, Kırıkkale A.Ç.S.M.	Diş hekimi, 2002 – 2005
Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti A.B.D.	Araştırma görevlisi, 2005

Katıldığı Kurs, Staj ve Eğitim Programları

- 2007 Uniwersytet Jagiellonski, Krakow. Poland (ERASMUS).
- 2008 Tufts University School of Dentistry, Department of Orthodontics, Boston, USA.
- 2008 Harvard University, Massachusetts General Hospital, Department of Orthodontics,
Boston, USA.
- 2009 Hybrid RME Yapımı ve Klinik Uygulamaları. Traben - Trarbach, Almanya.

Üyelikler

- 2006 Türk Ortodonti Derneği
- 2010 European Orthodontic Society

Bilimsel Yayınlar

- İşcan D, **Dönmez B**, Dzedzic H, Zorkun C, İşcan H. (2004). Endodontic treatments and cardiovascular disease; a frequency analysis. Prz Lek. T61 supp 1
- İşcan D, **Dönmez B**, Dzedzic H, Zorkun C, İşcan H. (2004) Periodontitis and coronary artery disease; a review. Prz. Lek. T61 supp 1.
- Ludwig B, Glasl B, **Zorkun B**, Wilmes B, Kinzinger G, Lisson J. (2009). Forcierte Gaumennahterweiterung mit skelettalem Kraftansatz: Die Hybrid-GNE. Kieferorthopädie. 23 (4): 267-74.

Uluslararası Kongrelerde Sunulan Bildiriler

- **Zorkun B**, Doruk C, Ludwig B, Glasl B. (2011). Hybrid Rapid Palatal Expansion: A computerized tomographic evaluation of mid-palatal suture. 87th Congress of the European Orthodontic Society.
- Koçoğlu-Altan B, **Zorkun B**. (2011). Can transverse maxillary deficiency cause cervical vertebral anomalies? 87th Congress of the European Orthodontic Society.
- Babacan H, Özgören A, **Zorkun B**. (2011). An essix based anterior protraction appliance. 87th Congress of the European Orthodontic Society.
- **Zorkun B**, Doruk C, Bıçakçı AA. (2012). Treatment of class II malocclusion using the combination of hybrid rapid maxillary expander and forsus fatigue resistant device. 88th Congress of the European Orthodontic Society.
- Uysal İÖ, **Zorkun B**, Babacan H, Birlik M. (2012). Morphological nasal changes associated with rapid maxillary expansion. 88th Congress of the European Orthodontic Society.