

757071

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

AKTİF SPOR YAPMIŞ YAŞLI ERKEK SPORCULAR VE AYNI
YAŞ GRUBU SEDANTERLERDE SOLUNUM FONKSİYON
TESTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İlhan ŞEN

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Sedat AKAR

Doktora Tezi
Erzurum-2004

T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI DOKTORA (BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR)
PROGRAMI

AKTİF SPOR YAPMIŞ YAŞLI ERKEK SPORCULAR VE AYNI YAŞ GURUBU
SEDANterLERDE SOLUNUM FONKSİYON TESTLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

İlhan ŞEN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.02.2004
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 20.02.2004
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sedat AKAR
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Şenol DANE
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cahit BAĞCI
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mustafa GÜL
Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Hasan KAYNAR
Enstitü Müdür V. : Doç. Dr. Adnan TEZEL

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Sedat AKAR

Doktora Tezi
Şubat 2004
Erzurum

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
TEŞEKKÜR	IV
ÖZET	V
SUMMARY	VI
GİRİŞ VE AMAÇ	1
GENEL BİLGİLER	4
Solunum Sistemi	4
Solunum Sistemi Organları	4
Akciğerler	4
Burun	5
Farinks	6
Larinks	6
Trakea	6
Bronşlar ve Bronşiyoller	6
Alveoller	7
Plevra	8
Solunum Mekanikği	8
Akciğerlerde Havanın İçe ve Dışa Hareketi ve Buna Neden Olan Basınçlar	9
Akciğerlerin Kompliyansı	10
Akciğer Damarları	10
Akciğer Dolaşımı	11
Basınç, Hacim ve Kan Akımı	12
Yerçekiminin Akciğer Dolaşımına Etkisi	13

Ventilasyon - Perfüzyon Oranları	14
Akciğer Kan Akımının Düzenlenmesi	14
Solunum Membranlarından Oksijen ve Karbon Dioksit Difüzyonu	15
Solunum Ünitesi	16
Solunum Membranının Difüzyon Kapasitesi	17
Alveollerde, Kanda ve Dokularda Oksijen ve Karbon Dioksit Basınçları	17
Solunumun Düzenlenmesi	18
Göğüs Duvarı ve Akciğerlerde Yaşlanmayla İlişkili Değişiklikler	19
Hava Yollarında Yaşa Bağlı Yapısal Değişiklikler	22
Solunum Kasları ve Yaşa Bağlı Değişiklikler	22
Akciğer Hacim ve Kapasiteleri ve Yaşa Bağlı Değişiklikler	24
Dinamik Solunum Fonksiyon Testleri	26
Sigaranın Akciğer Fonksiyonları Üzerine Etkileri	27
Egzersiz ve Solunum	29
Egzersizde Oksijen Difüzyon Kapasitesi Değişiklikleri	30
Egzersiz Süresince Pulmoner Kanın Oksijen Alımı	31
Egzersizde Akciğer Kan Dolaşımı	31
Egzersizde Solunumun Düzenlenmesi	32
MATERYAL METOD	33
Deneklerin Seçimi	33
Deneklere Anket Uygulanması	33
Antropometrik Ölçümler	33
Solunum Fonksiyonlarının Ölçülmesi	33
Paket Yılım Hesaplanması	34

III

İstatistiksel Analiz	34
SONUÇLAR	35
TARTIŞMA	52
Yaşın etkisi	52
Boyun etkisi	55
BMI' nin etkisi	55
Sigaranın etkisi	57
Egzersiz etkisi	60
Sonuçlar	65
KAYNAKLAR	66

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince ve tez çalışmamın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesinde çok büyük yardımda bulunan değerli hocam, tez yöneticisi Prof. Dr. Sedat AKAR' a sabrı ve hoşgörüsü için teşekkür ederim.

Doktora eğitimimde çok emeği geçen ve bu tezin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen, Fizyoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Şenol DANE' ye teşekkür ederim.

Ayrıca, tezin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı bölümümüz Yard.Doç.Dr. Recep Gürsoy'a, tez çalışmam boyunca gösterdikleri ilgi ve yardımlardan dolayı Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü Doç.Dr. Adnan Tezel'e ve personeline, Fizyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi ve elemanlarına ve personeline teşekkür ederim.

Son olarak her türlü desteklerinden dolayı değerli ailem; annem ve eşime teşekkür ederim.

İlhan ŞEN

ÖZET

Bu çalışmanın amacı solunum fonksiyonları ile yaşlanma, sigara içme ve antrenman arasındaki (geçmişte ve halen yapılan) ilişkileri araştırmaktır. 39-70 yaşlarında, sağlıklı, geçmişte farklı spor branşlarında yer almış, 118 elit erkek sporcu ve aynı yaş grubu 47 sedanter erkek denek olarak kullanıldı. Vital kapasite [VC (L)], Zorlu vital kapasite [FVC (L)], 1 saniyedeki zorlu ekspirasyon hacmi [FEV₁ (L)], FEV₁/VC (%), FEV₁/FVC (%) ve ekspirasyon tepe akımı [PEF (L/sn)] değerleri Pony Spirometre (Cosmed S.r.l.) ile ölçüldü. İstatistiksel analizde, gruplar arası farklar için ANOVA, ANCOVA ve Post Hock LSD testleri, solunum fonksiyon testleri (SFT) ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler için lineer regresyon testi kullanıldı.

Tüm solunum testleri yaşla birlikte azaldı. Paket yıl ile FEV₁, PEF ve FEV₁/VC arasında çok önemli negatif ilişkiler vardı. Şimdiki egzersiz durumu ile VC, FVC, FEV₁ ve PEF arasında güçlü pozitif ilişkiler saptandı. Vücut kitle indeksi ile sadece VC arasında zayıf ancak anlamlı bir negatif ilişki bulundu. Sigara içmeyenler ve az içenler, çok sigara içenlere göre daha büyük ortalama FEV₁ ve PEF değerlerine sahipti. Sigara içmeyenlerin ortalama FEV₁/VC değeri hem az hem de çok içenlerinkine göre daha yüksekti. Aynı zamanda, sigara içmeyenler, çok içenlerle karşılaştırıldığında daha büyük FEV₁/FVC değerlerine sahipti. Sigara içsin içmesin, egzersiz yapanların ortalama FEV₁ ve PEF' i egzersiz yapmayan sporcular ve sedanterlerin FEV₁ ve PEF değerlerinden yüksekti.

Sonuç olarak yaşla SFT azalır, sigara içme bu olayı olumsuz etkiler. Yapılan spor türünden bağımsız olarak, geçmişte yapılan antrenmanın dinamik SFT üzerine etkisi yoktur, oysa ki yaşlılıkta antrenmanın sürdürülmesi SFT' yi artırır. Dahası bu etki sigara içenlerde bile görülür.

SUMMARY

The aim of the present study was to investigate the relations between respiratory functions and aging, smoking, and training (past and current). Totally 118 healthy elite male sportsmen, 39 to 70 years of age, who engaged in different sports in the past and 47 sedentary men of the same age served as subjects. Vital capacity [VC (L)], forced vital capacity [FVC (L)], forced expiratory volume in one second [FEV₁ (L)], FEV₁/VC (%), FEV₁/FVC (%) and expiratory peak flow [PEF (L/s)] values measured with Pony Spirometer (Cosmed S.r.l.). In statistical analysis, ANOVA, ANCOVA and Post Hock LSD tests for the differences among groups, linear regression test for the relationships between pulmonary function tests (PFTs) and independent variables were used.

All PFTs decreased with age. There were significant negative relationships between pack-years and FEV₁, PEF, and FEV₁/VC. Strong positive relations were found between current training and VC, FVC, FEV₁, and PEF. A weak but significant relation was found between body mass index and VC. Non-smokers and low-smokers had greater mean FEV₁ and PEF values than high-smokers. The mean FEV₁/VC value of non-smokers was higher than those of both low- and high-smokers. The non-smokers also had greater mean FEV₁/FVC values compared to high-smokers. The mean FEV₁ and PEF of current trainers, whether they smoke or not, were higher than those of non-training sportsmen and sedentary subjects.

As a result, PFTs decreases with age and smoking negatively affects this event. Independently from the sport branch, training in the past has no effect on dynamic PFTs, whereas continuing to training increases PFTs. In addition, this effect is even seen in smokers.

GİRİŞ VE AMAÇ

Yaşın ilerlemesine paralel olarak solunum fonksiyonlarında azalma ortaya çıktığı bilinmektedir ¹⁻³. Yaşla akciğerlerin elastik toplanmasında azalma, göğüs duvarının sertleşmesi ve solunum kaslarında zayıflama bu azalmanın nedenleri olarak ileri sürülmüştür ⁴⁻⁶. Ancak, bu azalmanın hızı çeşitli faktörler tarafından etkilenebilmektedir. Sigara ^{7,8}, fiziksel aktivite ^{9,10} ve şişmanlık ^{11,12} gibi kişinin değiştirebildiği faktörler solunum fonksiyonları üzerinde önemli etkilere sahiptir.

Sigara içenlerin solunum fonksiyonları içmeyenlere göre daha düşük bulunmaktadır ¹³⁻¹⁵. Amara ve arkadaşlarının ¹³ 55-86 yaşlarındaki erkeklerde yaptıkları bir çalışmada, sigara içmeyenlerin ortalama FEV₁ değerleri içenlerinkinden daha yüksekti. Tockman ve arkadaşları ¹⁵, 35-65 yaşları arasındaki erkeklerde, her yaş grubunda (35-44, 45-54, 55-65) sigara içenlerin FEV₁/VC' sinin içmeyenlerinkinden daha düşük olduğunu buldu. VC ve FVC de içenlerde daha düşük olmakla birlikte bu farklar anlamlı değildi. Diğer taraftan sigaranın solunum fonksiyonlarında yaşla ortaya çıkan azalmayı daha erken başlattığı ve bu azalmayı hızlandırdığı bildirilmiştir ¹⁶. Sandvik ve arkadaşları ¹⁷, 40-59 yaşlarındaki sağlıklı erkeklerde FEV₁' deki yaşa bağlı azalmanın içenler arasında içmeyenlerdekine göre daha hızlı olduğunu ve bu durumun yaş ve fiziksel inaktiviteden bağımsız olarak gerçekleştiğini rapor ettiler.

Obesitenin de solunum fonksiyonlarını azalttığı bildirilmiştir. Collins ve arkadaşları ¹⁸, orta derecede obes olan erkeklerin (ortalama yaş 33.7 ± 1.4), obes olmayan erkeklere (ortalama yaş 35.9 ± 1.8) göre anlamlı olarak daha düşük ortalama FVC ve FEV₁ değerlerine sahip olduğunu buldu. Yine supskapular deri kalınlığının yaşlı erkeklerde (71-93 yaş) FVC ve FEV₁ ile negatif ilişkili olduğu bildirildi ¹⁹. Vücut yağı ile solunum fonksiyonları arasındaki negatif ilişkinin, bölgesel yağ toplanmasının

solunum fonksiyonları üzerine mekanik etkilerinden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür²⁰. Literatürde FEV₁ ile şişmanlık indeksleri arasında ilişki bulunmadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır²¹. Amara ve arkadaşları¹³, 55-86 yaş arası erkeklerde BMİ, vücut yağ yüzdesi ve subskapular deri kalınlığı ile FEV₁ arasında anlamlı ilişki bulamadılar.

Solunum fonksiyonlarını etkileyen bir diğer önemli faktör egzersizdir. Genç erişkinlerde, fiziksel aktivitenin solunum fonksiyonları üzerine olumlu etkileri olduğunu bildiren çok sayıda çalışma vardır²²⁻²⁴. Hintli sporcular (futbol, hokey, voleybol, basketbol ve yüzme) ve kontrollerde yapılan bir çalışmanın sonuçları, kontrollerle karşılaştırıldığında tüm sporcuların daha yüksek FVC, FEV₁ ve PEF değerlerine sahip olduğunu gösterdi²⁵. Yaşlanmayla solunum kaslarının zayıflamasının yanı sıra, fiziksel aktivitede azalmaya bağlı olarak kilo alınması da göz önünde tutulursa, yaşlılarda da egzersizin solunum fonksiyonlarını olumlu yönde etkilemesi olasıdır. Nitekim yaşlı bireylerde fiziksel aktivitenin solunum fonksiyonları üzerine olumlu etkileri olduğunu ve bu fonksiyonlarda yaşla oluşan azalmayı yavaşlattığı bildirilmiştir^{14,26}. Zıt olarak, McClaran ve arkadaşları akciğer fonksiyonlarındaki gerileme ve fiziksel aktivite arasında bir ilişki olmadığını, yaşlı sporcuların çeşitli dayanıklılık egzersizlerini sürdürmelerine rağmen fizyolojik solunum kapasitelerindeki düşüşün yaş ile giderek artan bir eğilim gösterdiğini (ortalama on yılda %10) bildirdiler²⁷.

Diğer taraftan hangi tür egzersizin solunum fonksiyonları üzerine etkili olduğu konusunda da zıt sonuçlar bulunmaktadır. Eastwood ve arkadaşları dayanıklılık antrenmanının solunum kaslarının dayanıklılığını artırdığını ancak gücünü artırmadığını bildirmiştir²⁸. Benzer olarak, dayanıklılık antrenmanının güç antrenmanı ile birlikte uygulanmaması durumunda solunum kaslarının gücünü artırmadığını bildiren çalışmalar

da vardır ^{29,30}. Bununla birlikte dayanıklılık antrenmanlarının da solunum fonksiyonları üzerine faydalı olabileceği gösterilmiştir ^{31,32}. Ayrıca, dayanıklılık antrenmanlarının solunum kaslarının gücünü artırsa bile solunum fonksiyon testleri (SFT) üzerine etkisinin olup olmadığı konusu da tartışmalıdır. Bu tür antrenmanların SFT' yi etkilemediğini bildirenlerin yanı sıra ^{33,34}, etkilediğini bildiren yazarlar da bulunmaktadır ^{35,36}.

Bildiğimiz kadarıyla literatürde, geçmişte farklı spor dallarında yer almış, şu anda egzersiz yapmaya devam eden veya aktif olmayan sporcularda SFT ölçümlerinin yapıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı solunum fonksiyonları ile yaşlanma, sigara içme ve antrenman (geçmişte ve halen yapılan) arasındaki ilişkileri araştırmaktır.

GENEL BİLGİLER

Solunum Sistemi

Solunum sistemi dokulara ihtiyaç duydukları oksijeni sağlayıp karbon dioksidi uzaklaştırarak canlı varlık ile onun dış ortamı arasındaki gaz alışverişini sağlar. Solunum terimi genelde iki olayı kapsar; dış solunum denen bir bütün olarak bedene oksijen alıp karbon dioksit atılması ve iç solunum denen hücreler ve hücrelerarası sıvı arasındaki gaz değişimleri ile oksijen kullanımı ve karbon dioksit üretimi³⁷. Solunum dört büyük fonksiyonel olayla gerçekleştirilir: (1) havanın atmosfer ve akciğer alveolleri arasında içe ve dışa akımı; (2) alveoller ile kan arasında oksijen ve karbon dioksitin difüzyonu; (3) gerekli oksijeni hücrelere taşımak ve oluşan karbon dioksidi hücrelerden uzaklaştırmak üzere kanda ve vücut sıvılarında oksijen ve karbondioksitin taşınması ve (4) solunumun regülasyonu. Solunum sistemi, dolaşım sistemi ile birlikte hücrelere aralıksız olarak oksijenden zengin kan sağlar³⁸.

Solunum Sistemi Organları

Solunum organları, akciğerler, solunum yolları, toraks, plevra boşluğu ve solunum kaslarından ibarettir. Solunum yolları burun boşluğu, farinks, larinks, trakea, bronşlar ve bronşiyollerden oluşur³⁹.

Akciğerler

Sağ ve sol olarak ikiye ayrılan akciğerler toraks içerisinde yerleşmiş koni şekilli organlardır. Tepe kısımları (apeks), klavikulanın 2-2,5 cm üstüne kadar uzanır. Alt yüzleri diyafragmanın üzerine oturmaktadır. Akciğerlerin iç yüzünde hilus pulmonalis denilen bir çukurluk bulunur. Bu aradan bronkuslar, pulmoner ve bronkial arterler ve sinirler akciğerlere girer, iki pulmoner ven, bronkial ven ve lenfatik damarlar akciğeri

terk eder ⁴⁰. Akciğerlerin yüzleri visseral plevra denilen seröz bir zarla örtülüdür ve serbesttir ⁴¹.

Sağ akciğer üç sol akciğer iki loba ayrılmıştır. Akciğerleri örten plevra pulmonalis iki komşu lobun birbiri ile temas eden yüzlerini örter. Bu şekilde loblar birbirinden ayrılmış olur. Nefes alırken toraksın yukarı kısmı sagittal aşağı kısımları ise horizontal genişler. Komşu lobların birbiri üzerinde kayması ve bu şekilde yer değiştirilmesi sayesinde, toraks duvarlarını takip etmek zorunda olan akciğer bu değişik durumlara daha kolay uyabilir. Akciğerlerin loblara ayrılmış olması hastalık açısından da önemlidir. Bir lobta olan hastalık, ancak lobların birbirine yapışması halinde bir başka loba geçer ⁴¹.

Arterlerin akciğer dokusunda dağılışı bakımından her akciğer lobunun birkaç parçaya ayırmak mümkündür; bu parçalara bronkopulmonal segment adı verilir. Her iki akciğer 10 bronkopulmonal segmente ayrılır. Bu segmentler birbirinden şahsa göre değişik kalınlıkta, bağ dokusundan yapılmış bölmelerle ayrılmıştır. Bu bölmelerin içinde intersegmental venler ve limfa damarları seyrederek ⁴¹.

Burun

Burun iki kısma ayrılır; dış burun ve burun boşluğu. Burun boşluğu altta ağız boşluğu tavanı (damak) üstte cranium ile sınırlıdır. Burun iskeletini os nasale ve burun kırıkdağıları yapar. Burnu öne açan deliklere nares anterior, farinkse açan deliklere ise koana adı verilir. Burun boşluğu septum nasi denilen bir bölme ile ikiye ayrılır.

Solunum havası içindeki yabancı maddelerin solunum yollarına girmesi burun boşluğunda bulunan kıllar tarafından engellenir. Burun boşluğunun dış duvarında bulunan midye kabuğu şeklindeki üç konka türbulans etkisi yaparak solunan havanın vücut ısısına yaklaşmasını sağlar ⁴⁰.

Burun boşluğu duvarı kalın mukoza tabakasıyla kaplıdır mukoza silyalı epitel hücreleriyle döşelidir. Mukozada çok miktarda kan damarları ve sinir lifleri bulunur⁴².

Farinks

Yaklaşık olarak 13 cm uzunluğunda boru şeklinde bir organ olup, iç burun deliklerinden başlar ve boynun alt kısmına kadar uzanır. Burun ve ağız boşluğunun arkasında, servikal omurların ön kısmında yer alır. İskelet kasları ve mukoza membranından oluşan bir duvara sahiptir. Farinks havanın ve gıda maddelerinin geçmesine ve konuşma seslerinin uygun bir şekilde çıkmasına imkan sağlar⁴³.

Larinks

Dil kökünden trekeaya kadar uzanır. Yetişkin erkeklerde üçüncü ve altıncı vertebra seviyesinde bulunur, fakat çocuklarda ve yetişkin bayanlarda biraz daha yüksektir⁴⁴. Larinks trakea hava geçişini sağlayan bir sfinkter ve aynı zamanda bir ses organıdır. Larinksin refleks yolla kapanabilmesi solunum yollarını yabancı maddelerden korur. Larinks aralarında bulunan kaslar tarafından hareket ettirilen üç çift ve üç tek kıkırdaktan oluşur. Kıkırdakları hareket ettiren bu kaslar ses tellerini uzatıp, kısaltıp ve gevşeterek sesin istenilen düzeye çıkmasını sağlar⁴⁰.

Trakea

At nalı şeklinde açık olan arka kısımları fibröz doku ve düz kaslarla kapatılmış 12-16 arasında kıkırdak halkadan oluşur. Trakea, dördüncü torakal vertebra düzeyinde, sağ ve sol olmak üzere iki ana bronşa ayrılır⁴⁰.

Bronşlar ve Bronşiyoller

Akciğerlere giren ana bronşlar sağda üç, solda iki lobar bronşa ayrılırlar. Bunlar da, akciğer içerisinde segmental bronşlara ayrılır. Bu üç dalın en üstündeki dal kendi arasında tekrar beş dala ortadaki dal kendi arasında üç dala, en alttaki dal ise iki dala

ayrılır ve bunlara bronşçuk (bronşiol) denir. Bronşiyoller giderek daha çok dallanır ve çapları küçülür. Bu arada kıkırdak yapı kaybolur. Bronşiyoller sonunda alveol denen hava keseciklerinde sonlanır. Damar ve sinirleri ile birlikte bir segmental bronşun dağıldığı akciğer dokusu morfolojik ve fizyolojik bir ünite oluşturur. Buna bronkopulmoner segment denir⁴³.

Trakea ve bronşlar kıkırdak halkalardan yapılmışlardır. Hem trakea hem de bronşlarda kıkırdak halkalar arasında düz kaslar bulunur. Bronş ağacının küçük dalları hava yolunun en küçük bölümü olan bronşiyollerdir. Bronşiyoller tamamen akciğer dokusu içerisinde dağılırlar ve kıkırdak halkalar içermezler. Duvarları tamamen düz kaslardan oluşur. Kasıldıklarında lümen daralır, gevşediklerinde ise lümen genişler. Trakeadan en küçük bronşiyollere kadar alt solunum yollarının tamamı silyalı müköz membranla kaplanmıştır⁴⁵.

Solunum yollarındaki düz kaslar otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilirler. N. Vagus içinde gelen parasempatik lifler hava yollarındaki düz kasları kastırarak hava yollarını daraltırken (bronkokonstriksiyon), sempatik uyarılar bu kasları gevşeterek genişlemeye (bronkodilatasyon) neden olurlar. Hem sempatik lifler hem de parasempatik lifler, bronşiyolleri ilgilendiren çeşitli reflekslerin efferent yollarıdır. Bronşiyollerin son kısımları çok az sayıda düz kas lifleri içerir ve buralarda gaz alış-verişi olabilir. Bu yüzden, bunlara respiratuar bronşiyoller denir. Bronşiyoller ductus alveoli denilen kanalcıklarla alveol keseciklerine açılırlar⁴⁵.

Alveoller

Gaz alış-verişinin yapıldığı, kapiller bir damar ağıyla kuşatılmış balon şeklinde ince küçük hava kesecikleridir. Alveollerin kapiller bir damar ağı ile kuşatıldığı yerde gaz alış-verişi yapılır. Alveollerdeki hava ile kılcıl damarlardaki kan arasında meydana

gelen gaz alış-verişinde, gazlar, alveol epitelini, kapiller endoteli ve bunlar arasındaki interstisyel alanı bir taraftan öbür tarafa geçerler. O₂ alveollerden kılcal damarlara doğru, CO₂ ise karşıt yönde difüzyona uğrar ⁴⁶.

Plevra

İki tabakalı seröz bir zar olan plevra akciğerleri sarar. Paryetal plevra toraksın iç yüzü ve diafragmanın üst yüzünü kaplar. Akciğer hilusunda parietal plevra visseral plevra ile devam eder. Bu yaprak ise akciğerlerin yüzeyini kaplar. İki yaprak arasındaki plevra boşluğu içinde plevra sıvısı bulunur. Bu sıvı, solunum sırasında iki tabakanın birbirine sürtünmesini önler Plevra boşluğunun atmosfer ile teması yoktur ve karın boşluğundan diyafragma vasıtasıyla tamamen ayrılmıştır ⁴⁵.

Solunum Mekanîği

Akciğerler, göğüs boşluğunun ön arka çapının artırılıp azaltılması ve göğüs boşluğunun dikine olarak uzatılıp kısaltılmasıyla genişleyebilir ve büzülebilir. İspirasyonun gerçekleşmesi için iki yol vardır; diyafragmanın kasılması ve kaburgaların ön ve yukarı doğru hareketi. Akciğerler göğüs kafesinin hareketlerini aynen izlerler. Bu nedenle göğüs kafesinin genişlemesini sağlayan güç aynı zamanda inspirasyonu meydana getirir ⁴⁵.

Kubbe şeklinde olan diyafragma solunumun temel kasıdır. Dış bükey yüzü göğüs kafesine, iç bükey yüzü karına bakar. Diyafragmanın kenarları kassal, ortası tendinözdür. Kontraksiyon yapınca kubbeliği azalır ve göğüs içinin düşey çapını artırır. Akciğerler aşağı doğru genişler ve inspirasyon husule gelir. Bu arada diyafragmanın aşağı doğru itilmesi ile karın içi basıncı artar, abdominal organlar geriye doğru itilirler, karın kasları gevşer ve karın duvarı dışa doğru şişkinleşir. Diyafragmanın hareketi ile olan solunuma diyafragmatik veya abdominal solunum denir ⁴⁵.

Esnek bir yapıya sahip olan göğüs kafesi ve akciğerler arasında sadece ince bir sıvı tabakası vardır. Akciğerler göğüs kafesi içinde kolayca kayar fakat göğüs kafesinden ayırmaya uğraşıldığında karşı koyarlar. Bu olay aralarında sıvı olan iki cam parçasının birbiri üzerinde kolayca kaymasına, ama ayırmaya kalkışıldığında karşı koymalarına benzer⁴⁷.

Akciğerleri genişleten diğer mekanizma, göğüs kafesinin yukarı doğru kaldırılmasıdır. Kaburgalar istirahat durumunda sternumu geriye omurga kanalına yaklaştıracak şekilde aşağı doğru eğimlidirler. Göğüs kafesi yükseldiği zaman kaburgalar, sternumu omurgadan öne doğru uzaklaştıracak şekilde düzleşirler. Böylece, maksimal inspirasyonda, göğüs kafesinin arkadan öne doğru çapı ekspirasyondaki çapın % 20' si kadar artar⁴⁵.

Akciğerlerde Havanın İçe ve Dışa Hareketi ve Buna Neden Olan Basınçlar

Akciğerlerin elastik yapısı bir kuvvet olmadığı sürece, bir balon gibi kollabe olacak ve içindeki havayı tamamen dışarıya boşaltacak özelliğindedir. Mediastene asıldığı yer dışında akciğer ve göğüs kafesinin duvarı arasında hiçbir bağlantı da bulunmamaktadır. Bunun yerine, akciğerler göğüs boşluğunda hareketlerini kolaylaştıran ince bir plevral sıvı tabakası ile çevrelenmiş bir halde, tam olarak göğüs boşluğunda yüzmektedirler³⁸.

1) Plevral Basınç ve Solunum Hareketleri Sırasındaki Değişiklikler

Plevral basınç, akciğer plevrası ve göğüs çeperi plevrası arasındaki dar alanda bulunan sıvı basıncıdır. Bu basınç, normalde hafif emici bir özelliğe sahip negatif basınçtır. İspirasyonun başlangıcında normal plevra basıncı $-5 \text{ cm H}_2\text{O}$ civarındadır ve bu basınç, akciğerlerin istirahat durumunda açık kalması için gerekli emme basıncını oluşturur. Daha sonra normal inspirasyon sırasında göğüs kafesinin genişlemesi,

ortalama $-7,5$ cm H₂O'ya kadar düşen daha negatif bir basınç oluşturur ve gittikçe artan bir kuvvet ile akciğerlerin yüzeyini çeker³⁸.

2) Alveoler Basınç

Alveoler basınç, akciğer alveollerinin içindeki basınçtır. Glottisin açık olduğu ve akciğerlerden, içeri veya dışarı hiçbir hava akımının olmadığı durumda, solunum ağacının tüm bölgelerinde ve alveollere giden tüm yollardaki basınçlar, atmosfer basıncına eşittir ve 0 cm su basıncı olarak değerlendirilir. İspirasyonda havanın içeri doğru akışını sağlamak üzere, alveollerdeki basınç atmosfer basıncından hafifçe daha düşük bir düzeye inmelidir³⁸.

3) Transpulmoner Basınç

Alveoller ve akciğerlerin dış yüzü arasındaki basınç farkıdır ve akciğerlerde büzülme basıncı olarak adlandırılan ve genişleyen her bölgede akciğerleri kollapsa yönlendiren elastik kuvvetlerin bir ölçüsüdür³⁸.

Akciğerlerin Kompliyansı

Transpulmoner basınçtaki her birim artışa karşı akciğerlerin genişleme derecesine kompliyans adı verilir. Ortalama erişkin bir insanda, kişinin yağsız vücut ağırlığı ile az çok orantılı olarak değişmekle birlikte, her iki akciğerde birden normal total kompliyansı yaklaşık 200 ml / cm su basıncıdır. Bu transpulmoner basıncın 1 cm su artması ile akciğerlerin 200 ml genişlemesi demektir³⁸.

Akciğer Damarları

Sağ ventrikülden çıkan pulmoner arter, daha sonra sırasıyla iki akciğere kan taşıyan, sağ ve sol ana dallara ayrılır. Pulmoner arter aynı zamanda ince bir damardır. Damar duvarı kalınlığı aortanın üçte biri, vena cava'nın ise yaklaşık iki katıdır. Bununla birlikte, bütün pulmoner arterlerin hatta daha küçük arterler ve arteriyollerin çapları

sistemik dolaşımdaki arterlerinkinden daha geniştir. Damarların çok ince ve genişleyebilir olması, pulmoner arteryel sisteme tüm sistemik arteryel yapıya benzer olan, ortalama 7 ml/ mmHg'lık büyük bir esneklik sağlar. Bu büyük esneklik, pulmoner arterlerin, sağ ventrikül vurum hacminin yaklaşık üçte ikisine uyum göstermesine olanak tanır. Pulmoner arterler gibi pulmoner venler de kısadır, fakat genişleyebilme özellikleri sistemik dolaşım venlerine benzerdir³⁸.

Total kardiyak debinin yaklaşık % 1-2' lik miktarı bir kaç bronşiyal arter yoluyla akciğerlere gelir. Bu bronşiyal arter kanı, pulmoner arterlerdeki kısmen oksijensiz kanın aksine, oksijenlenmiş kandır. Bu kan, bağ dokusu, septa ve büyük küçük bronşları içeren akciğerlerin destek dokusunu besler. Bu bronşiyal arteryel kan, destek dokularını besledikten sonra, pulmoner venlere boşalır ve sağ atriuma geri dönmek yerine sol atriuma girer. Sol atriuma gelen kandan dolayı, sol ventriküler debi, sağ ventriküler debi'den yaklaşık % 1-2 daha fazladır³⁸.

Lenfatikler, terminal bronşiyolleri çevreleyen bağ dokusu boşlukları içinde başlayan, akciğerin tüm destek dokularından gelir ve akciğer hilumuna oradan da sağ duktus lenfatikusa gider. Alveollere giren, partiküller kısmen bu kanallarla temizlenir ve akciğer kapillerlerinden sızan plazma proteinleri de, akciğer dokularından uzaklaştırılır, böylece ödemi önlemede yardımcıdırlar³⁸.

Akciğer Dolaşımı

Bedendeki toplam kanın tamamına yakını pulmoner arterle akciğer kapiller yatağına ulaşır. Burada oksijenlenen kan pulmoner venle sol atriuma dökülür. Daha bağımsız ve küçük olan bronş atardamarları aorttan çıkar. Bunlar bronş toplar damarlarına açılan kapillerleri oluşturur veya pulmoner kapillerler ya da venlerle ağızlaşma yapar. Bronş venleri azigos venlerine açılır. Bronş dolaşımı bronşları ve

plevrayı besler. Akciğerlerdeki lenf kanalları diğer herhangi bir organda görülenden daha fazladır ⁴⁸.

Basınç, Hacim ve Kan Akımı

Nicel yönden küçük iki fark ayrı tutulursa, sol ventrikül tarafından atılan kan sağ atriya geri döner ve sağ ventrikül tarafından tekrar atılarak akciğer damar yatağını, vücudun geri kalan bütün organlarına giden kana hemen hemen eşit bir miktarda kan alması ile çok özel bir hale getirir. Belirtilen iki küçük farktan bir tanesi bronş kan akımı bölümüdür. Bronş ve akciğer kapillerleri arasında yoğun ağzlaşmalar bulunduğu için, bir kısım bronşiyal kanın bronş venlerine geçmesine karşın bu kanın bir bölümü sağ ventrikülü atlayarak doğrudan akciğer kapillerlerine girer. İkinci fark ise koroner arterlerden kalbin sol tarafındaki odacıklara akan kandır. Bu iki farkın oluşturduğu fizyolojik şanttan dolayı sistemik arterlerdeki kanın parsiyel oksijen basıncı (PO₂) alveollerini saran kaninkinden yaklaşık 2 mmHg, hemoglobinin O₂ ile doymuşluğu da % 0,5 daha düşüktür.

Pulmoner damar sisteminin tamamı, genişleyebilen, düşük-basınçlı bir sistemdir. Pulmoner arter basıncı yaklaşık 24/9 mmHg ve ortalama basınç yaklaşık 15 mmHg'dir. Sistemik dolaşımın 90 mmHg'lik basınç farkı ile karşılaştırılırsa sol atrium basıncı diastolde yaklaşık 8 mmHg olduğundan pulmoner sistemdeki basınç farkı 7 mmHg kadardır. Pulmoner arterden kapillere gidildikçe görülen basınç düşmesi nispeten az iken, venlerde önemli bir basınç düşmesi olur ⁴⁸.

Herhangi bir zamanda, akciğer damarlarındaki kan hacmi ortalama 1 lt' dir ve bunun 100 ml' den azı kapillerlerde bulunur. Pulmoner arterin hemen başlangıcındaki ortalama kan akış hızı aorttaki kadardır (40 cm/s). Bu hız süratle düşer, daha sonra büyük pulmoner venlerde tekrar biraz artar. Bir alyuvarın akciğer kapillerlerinden geçişi

dinlenim sırasında 0,75 saniye, egzersiz sırasında ise 0,3 saniye veya daha az bir zaman alır⁴⁸.

Akciğer kapiller basıncı ortalama 10 mmHg, onkotik basınç 25 mmHg olduğundan, alveollerin içine sıvı dolmasını önleyen ve alveollerden kana doğru yönelen 15 mmHg'lık bir basınç farkı vardır. Akciğer kapiller basıncı 25 mmHg'dan fazla olduğu zaman, örneğin sol ventrikülün yetmezliğinde, geriye doğru akciğer venlerinde ve kapillerlerinde kan birikmesi sonucu pulmoner kapiller basınç artar ve akciğer ödemi oluşur⁴⁸.

Yerçekiminin Akciğer Dolaşımına Etkisi

Yerçekiminin akciğer dolaşımına nisbeten belirgin bir etkisi vardır. Dik pozisyonda, akciğerlerin üst bölümleri kalp hizasının oldukça üzerinde iken, tabanları kalple aynı hizada veya daha aşağıdadır. Bundan dolayı, akciğerlerin tepesinden tabanına doğru inerken arterlerde nisbeten belirgin bir basınç farkı oluşur. Bu tepeden tabana doğru akciğer kan akımında lineer bir artışa neden olur. Akciğerlerin tepesindeki kapiller kan basıncı alveollerin içindeki atmosferik basınca yakındır. Akciğer arter basıncı normalde ancak perfüzyonu sürdürmeye yetecek kadardır; azalacak olursa veya alveol basıncı artarsa bazı kapillerler kapanır. Bu durumda olaya katılan alveollerde gaz değişimi olmaz ve bu alveoller fizyolojik ölü alanın bir parçası olurlar³⁸.

Akciğerlerin orta kısımlarında pulmoner arter ve kapiller basınçlar alveol basıncını aşar fakat normal soluk verme sırasında pulmoner venüllerdeki basınç alveol basıncından daha düşük olabildiğinden venüller kapanır. Bu durumda kan akışı, pulmoner arter pulmoner ven farkından çok pulmoner arter-alveoler basınç farkı tarafından belirlenir. Konstriksiyonun ötesinde kalan kısımda kan akciğer venlerine

“şelale gibi” akar ve esneyen bu venler konstriksiyonun kendilerine geçmesine izin verdiği kan miktarı ne olursa olsun bu kanı alırlar. Buna şelale etkisi denir ³⁸.

Akciğerlerin aşağı kısımlarında, alveol basıncı akciğer dolaşımının her tarafındaki basınçtan düşüktür ve kan akımı arter-ven farkı tarafından belirlenir ⁴⁸.

Ventilasyon - Perfüzyon Oranları

Dinlenme sırasında akciğerlerin tamamına ait ventilasyon (dakikadaki) / kan akımı (dakikadaki) oranı (4,2 lt / 5,5 lt) yaklaşık 0,8'dir. Yalnız, yer çekiminin etkisinden dolayı normal akciğerin çeşitli bölgelerinde ventilasyon / perfüzyon oranında nisbeten belirgin farklılıklar vardır ve hastalıklarda yerel ventilasyon / perfüzyon oranı değişikliklerine sık rastlanır. Bu oran küçülecek yani ventilasyon azalacak olursa, alveole daha az O₂ geleceğinden alveoldeki PO₂ düşer ve daha az CO₂ dışarı atıldığından parsiyel karbon dioksit basıncı (PCO₂) artar. Tersine, eğer ventilasyona oranla perfüzyon azalmışsa, az CO₂ geldiği için alveoler PCO₂ azalır ve kana daha az O₂ geçebileceğinden PO₂ yükselir.

Dik durumdayken tıpkı perfüzyon gibi ventilasyon da akciğerlerin tabanından tepesine doğru lineer şekilde azalır. Bununla beraber akciğerlerin üst kısımlarında ventilasyon / perfüzyon oranları yüksektir ⁴⁸.

Akciğer Kan Akımının Düzenlenmesi

Akciğerlerden normal kan akımı esas olarak kardiyak debiyeye eşittir. Bu nedenle kardiyak debiyeyi kontrol eden faktörler (periferik faktörler), pulmoner kan akışını da kontrol ederler. Bir çok şart altında, pulmoner damarlar, azalmış basınçla daralan, artmış basınçla genişleyen esnek tüpler gibi pasif olarak çalışırlar. Kanın yeterli havalanması için, kanın, alveollerin en iyi havalandığı akciğer segmentlerine dağıtılması önemlidir ⁴⁹.

Alveollerdeki oksijen konsantrasyonu normalin altına düştüğü zaman-özellikle normalin %70 altına düştüğünde, komşu kan damarları, sonraki 3-10 dakika içinde yavaşça kasılır, aşırı derecede düşük oksijen düzeylerinde damar direnci beş kattan fazla artar. Bu durum düşük oksijene cevap olarak kasılmak yerine gevşeyen sistemik damarlarda normalde gözlenen etkiye terstir. Düşük oksijen konsantrasyonunun akciğerlerden henüz keşfedilmemiş bazı vazokonstriktör maddelerin serbestleşmesine neden olduğuna inanılır. Bu madde küçük arterlerin kasılmasına yardım eder. Bu vazokonstriktörün alveoler epitel hücreleri tarafından hipoksik koşullarda salgılanabileceği ileri sürülmektedir ⁴⁹.

Pulmoner vasküler direnç üzerine düşük oksijen seviyesinin bu etkisi önemli bir fonksiyona sahiptir en fazla etkili olduğu yere kan akımını yönlendirmek. Alveollerin oksijen konsantrasyonunun düşmesiyle, lokal damarlar kasılır. Bu, daha iyi havalandırılan akciğerlerin diğer kısımlarına daha çok kanın akmasına neden olur, böylece havalandırma derecesiyle oranlı bir şekilde farklı pulmoner alanlara kan akımını dağıtmak için otomatik olarak bir kontrol sistemi oluşturulur ⁴⁹.

Akciğer damarları bol miktarda sempatik vazokonstriktör sinir lifleriyle innerve edilmiştir ve servikal sempatik gangliyonların uyarılması akciğer kan akımını % 30' kadar azaltır ⁴⁸.

Solunum Membranlarından Oksijen ve Karbon Dioksit Difüzyonu

Alveoller havalandırıldıktan sonra, solunum sürecinin ikinci adımı, oksijenin alveollerden pulmoner kana, karbondioksitin ise zıt yönde difüzyonudur. Oksijen sürekli olarak akciğerlerdeki kana geçer ve devamlı atmosferden alveollere yeni oksijen girer. Oksijen ne kadar difüzyona uğrarsa, alveollerdeki konsantrasyonu o kadar düşer. Diğer taraftan atmosferden oksijen ne kadar hızlı alveollere alınır, konsantrasyonu o

kadar yüksek olur. Bundan dolayı, alveollerdeki oksijen konsantrasyonu ve dolayısıyla oksijen parsiyel basıncı, ilk olarak oksijenin kana absorpsiyonu ikinci olarak da yeni oksijenin akciğerlere giriş hızıyla kontrol edilir. Sürekli şekilde vücutta oluşan karbon dioksit, alveollere geçer ve buradan da ventilasyonla uzaklaştırılır⁴⁹.

Solunum Ünitesi

Solunum ünitesi, alveoler kanallar, atriyumlar ve alveollerden (her iki akciğerde yaklaşık 300 milyon adet ve ortalama çapı 0,2 mm) oluşur. Alveol duvarları son derece incedir ve aralarındaki kapillerle birlikte sağlam bir örgü oluştururlar. Gerçekten, kapiller ağın yoğunluğu nedeniyle, alveoler duvarda kanın bir tabaka halinde aktığı söylenir. Alveoler gazlar bu nedenle kapillerlerdeki kana çok yakın bulunurlar. Sonuçta, alveoler hava ve pulmoner kan arasındaki gaz alış-verişi, sadece alveollerde değil, akciğerlerin tüm terminal kısımlarındaki membranlar boyunca görülür. Bu membranlar, solunum membranı ya da pulmoner membran olarak bilinir.

Solunum membranının farklı tabakaları şöyledir:

1) Alveolü kaplayan sıvı tabakası; bu tabaka, sıvının yüzey gerilimini azaltan sürfaktanı da içerir.

2) İnce epitelyal hücrelerden oluşan alveol epiteli

3) Epitel bazal membranı

4) Alveol epiteli ile kapiller membran arasında kalan ince bir interstisyel boşluk

5) Bir çok yerinde epitel bazal membranı ile kaynaşmış kapiller bazal membranı

6) Kapiller endotel membranı.

Çok sayıdaki katmana rağmen, solunum membranının kalınlığı bazı bölümlerinde 0,2 mikrometre kadar incedir; hücre nükleuslarının bulunduğu kısımlar dışında ise ortalama 0,6 mikrometredir.

Bir gazın membrandan geçiş hızını belirleyen faktörler: (1) Membran kalınlığı, (2) membran yüzeyi (3) membran içinde gazın difüzyon kat sayısı, (4) membranın iki tarafı arasındaki basınç farkıdır ⁴⁹.

Solunum Membranının Difüzyon Kapasitesi

Solunum membranının alveoller ile pulmoner kan arasındaki gaz değişimini sağlama yeteneği, membranın difüzyon kapasitesi olarak ifade edilir ve 1 mmHg basınç farkı ile bir dakikada membrandan difüzyona uğrayan gaz hacmini gösterir. Oksijen için difüzyon kapasitesi, istirahat halindeki genç bir erkekte ortalama 21 ml/dak/mmHg' dir. Normal sakin solunumda solunum membranının iki tarafı arasında ortalama 11 mmHg oksijen basınç farkı vardır. Bu basıncın difüzyon kapasitesi ile çarpımı (11x21) solunum membranından bir dakikada difüzyona uğrayan oksijen hacmini (230 ml) verir ki, bu da vücudun oksijen kullanma hızına eşittir. Karbon dioksit difüzyon kat sayısı oksijenin 20 katı olduğundan, karbon dioksit için difüzyon kapasitesinin istirahat halinde 400-450 ml, egzersizde 1200-1300 ml/dak/mmHg olması beklenir ³⁸.

Alveollerde, Kanda ve Dokularda Oksijen ve Karbon Dioksit Basınçları

Gazların bir noktadan diğerine hareketi, ilk nokta ile diğeri arasındaki basınç farkıyla gerçekleşir. Böylece, alveollerdeki P_{O_2} pulmoner kandaki P_{O_2} 'den daha fazla olduğu için, oksijen alveollerden pulmoner kapillerlere geçer. Daha sonra dokularda, kapiller kandaki yüksek P_{O_2} , oksijenin hücrelere doğru difüzyonuna neden olur ⁵⁰.

Aksine, besin maddelerinin oksijenle yakılarak metabolize edilmeleri sonucunda oluşan karbon dioksit, hücrelerdeki PCO_2 'nin yüksek bir değere ulaşmasına neden olur. Bu da karbon dioksitin doku kapillerine difüzyonunu sağlar. Benzer şekilde, pulmoner kapiller kandaki PCO_2 , alveollerdekinden büyük olduğu için karbon dioksit kandan da alveollere geçer ³⁸.

Alveollerde PO_2 ortalama 104 mmHg iken, pulmoner kapillerlere giren venöz kanda PO_2 ortalaması 40 mmHg' dir, çünkü eritrositlerdeki oksijenin büyük bir bölümü, kan periferik dokulardan geçerken, dokulara serbestler. Bundan dolayı, oksijenin pulmoner kapillerlere difüzyonuna neden olan başlangıç farkı 104 – 40, yani 64 mmHg'dir⁴⁴.

Solunumun Düzenlenmesi

Solunum merkezi üç ana gruba ayrılmış çeşitli nöron gruplarından oluşmuştur. Bu nöron gurupları medulla oblangata ve ponsta bilateral olarak yerleşim gösterirler. Bu guruplar şunlardır; (1) sakin inspirasyondan sorumlu olan ve medullanın dorsal bölgesinde yer alan dorsal solunum grubu (2) medullanın ventro-lateral kısmında yer alan ventral solunum grubu (bu gurup içerdiği farklı nöron gruplarının uyarılmasına bağlı olarak derin inspirasyon ya da ekspirasyonu gerçekleştirir) ve (3) Pnömotaksik merkez (ponsun dorsal üst kısmında yer alan bu merkez solunum hızı ve tipinin belirlenmesine yardım eder)⁴⁸. Solunum merkezi ya kimyasal olarak veya periferik kemoreseptörler aracılığıyla uyarılır.

Medullada ventral solunum grubunun hemen altında kemosensitif alan bulunur. Bu alan esas olarak H^+ iyonlarına karşı duyarlıdır. H^+ iyonları bu alandaki nöronları direkt olarak uyarırlar. Ancak, kandaki H^+ iyonları, kan-beyin ve kan-BOS bariyerinden dolayı beyin dokusuna geçemedikleri için bu alana etkisizdir. CO_2 kemosensitif alana zayıf bir direkt etkiye sahiptir. Fakat, indirekt etkisi güçlüdür. CO_2 , yağda eriyen bir madde olduğu için membranların lipid tabakalarından kolaylıkla geçebilir. Dolayısıyla, medullanın intertisyel sıvısına ve serebrospinal sıvıya geçer. Burada su ile reaksiyona girerek H^+ iyonu miktarını artırır. H^+ iyonları da kemosensitif alanı uyarırlar.

Kemosensitif alana CO₂ etkisi ilk birkaç saatte güçlüdür, gittikçe güçlenir. Bir iki gün sonra ilk etkisini beşte birine düşer. Bunun sebebi böbreklerin kandaki bikarbonat seviyesini arttırmasıdır. Kanda artan bir bikarbonat beyin dokusuna geçerek H⁺ ile birleşir ve onun etkisini azaltır. Arteriel PCO₂ arttıkça solunumun ritmi ve derinliği hızlanır ve alveoler ventilasyon artar. Arteriel O₂'nin kemosenstif alana etkisi yoktur⁴⁹.

Periferik kemoreseptörler aorta ve karotid arterin çatallanma yerinde bulunur. Aortanın n. vagus, a. karotisten ise n. glossofaringeus impulsları solunum merkezine taşırlar. Kemoreseptörler venöz kanla değil, daima arteryel kan ile temas ettiklerinden arteryel PO₂'yi ölçer. Arteryel kandaki PO₂ azaldıkça kemoreseptörler uyarılırlar. Özellikle PO₂ 60 – 30 mmHg arasında özel bir impuls frekansı duyarlılığına sahiptirler. CO₂ ve H⁺ iyonunun azalması da kemoreseptörler üzerine daha zayıf olmakla birlikte bir etkiye sahiptir⁴⁹.

Göğüs Duvarı ve Akciğerlerde Yaşlanmayla İlişkili Değişiklikler

Yaşlanmayla ilişkili solunum fonksiyonlarını etkileyen en önemli fizyolojik değişiklikler; elastik geri çekilme de azalma, göğüs duvarı kompliansındaki azalma ve solunum kaslarının güç kaybıdır. Solunum fonksiyonundaki yaşa bağlı değişikliklerin çoğu bu üç olayla ilişkilidir⁵¹⁻⁵³. Ayrıca hava yolu direncinde artış, hipoksi ve hiperkapniye solunum sisteminin tepkisi de önemlidir⁵¹.

Göğüs duvarındaki kompliyansın yaş ile birlikte azalması büyük oranda göğüs kafesi ve eklemlerdeki yapısal değişiklikler (kaburga kırıkdaıklarının ve kaburga-omur eklemlerinin kireçlenmesi ve intervertebral disk aralıklarının daralması) ile ilişkilidir. Osteoporoz sonucu toraksın şeklinde de değişiklikler oluşur; bu durum dorsal kifoz ve anteroposterior (AP) çapın artmasına sebep olur. Göğüs duvarında görülen değişiklikler

yanlız kendi kompliyansını değiştirmez, aynı zamanda diyafragmanın eğimini de değiştirerek kendi g¼c¼n¼ oluşturma kapasitesi ¼zerinde de negatif bir etki oluşturur ⁵¹.

Yaşamın ilk 20 yılında akciğerler bir gelişme ve olgunlaşma safhası geğirirler. Alveoller maksimal sayıya yaklaşık 10-12 yaşlarında uiaşırlar. Daha sonra solunum sisteminin olgunlaşması maksimal fonksiyona ulaşıncaya kadar hızla devam eder. Bu ortalama olarak erkeklerde 25, kadınlarda 20 yaş dır. Hayatın geri kalan s¼resince yaşlanmayla akciğer performansında devamlı artan bir azalma g¼r¼l¼r. Yinede bir hastalık s¼z konusu değilse akciğerler hayatın tamamında yeterli gaz değişimini korurlar ⁵¹.

Akciğer ağırlığının v¼cut ağırlığına oranı yaş ile azalmaz. Bu akciğerlerdeki tahribatın ¼ok az yada hi¼ olmadığını g¼sterir ⁵¹. Erkeklerin akciğer kapasiteleri kadınlardan %10 daha y¼ksektir. Bu durumun elastikiyet farkından kaynaklanmayıp, iki cins arasındaki akciğer ¼apları ve solunum derinliğinin farklılık g¼stermesiyle oluştuğu bilinmektedir. Ayrıca kadınlara k¼¼k bedene sahip olmaları ve kas kitlesinin azlığına bağlı olarak hem solunum derinliğinin hem de alveollerin hacminin d¼ř¼k olması nedeniyle kadınlarda solunum frekansının daha y¼ksek olduğu belirlenmiştir.

Yaşa bağlı akciğer elastikiyetindeki değişiklikler otopsilerde akciğerlerin s¼nme s¼relerinin uzun s¼rmesiyle ve havanın tamamen boşaltılamamasıyla a¼ık¼a g¼r¼lmektedir. Elastikiyetin niceliğindeki bu değişiklik alveollerde ¼nemli bir dilatasyon oluşturur) ^{52, 53}. Ayrıca yaşlanmayla kollegenlerin kompozisyonunda da değişiklikler olur. Kollagenler metabolik olarak eylemsizdir ve akciğerlerde y¼ksek konsantrasyonda bulunurlar akciğerlerin formunu korumaktan sorumludurlar. Yaşlanmayla birlikte kollagenlerin yapısındaki molek¼ller arası bağlantı sayıları artar ve kollagenler sertleşir. Mikroskopik olarak ge¼n¼ akciğerler postlardan (alveol duvarlarında kapiller aę arasında bulunan damarsız alanlar) yayılan k¼¼k kollagen

fibriller gösterir. Halbuki yaşlı akciğerlerde çok ve genişlemiş fibril yığınları postların etrafında görülür ⁵³. Kollagenlerin sertleşmesi kısmen gaz değişimi ve akciğer fonksiyonlarında değişikliklere neden olan mekaniksel değişikliklerin de sorumlusu olarak görülür ⁵².

Yaşlı akciğerlerde gözlenen tipik değişikliklerden biri de alveoler kanalların ve respiratuvar bronşiolerin genişlemesidir. Bu genişleme intrapulmoner gaz içeriğini alveollerin dışına kaydırarak anatomik ölü boşluğu artırır. Alveoler kanallardaki genişlemeyi alveollerin genişlemesi takip eder ⁵³. Bu genişleme amfizemde alveollerde görülen düzensiz dağılımın aksine önemli derecede homojendir. Morfolojik çalışmalar alveol duvarları arasındaki ortalama mesafede bir artışı ve 30' lu yaşların başlangıcında da akciğer hacminin her ünitesindeki alveol yüzeyinde sürekli bir azalmayı bildirmektedir. Bu kayıp 20 yaşından 70 yaşına kadar en az % 30 olur ⁵⁴.

Akciğerlerdeki yaşla çok önemli yapısal değişiklikler, protein yapılarıdaki moleküler değişikliklere dayanır. Elastinin artmış proteolizisi tipik olarak yaşlı akciğerlerde gözlenen elastik geri çekilmedeki azalmadan sorumludur ⁵³. Endüstriyel ve çevresel faktörlerin de etkisiyle artan kümülatif zararın yaşlılıkta akciğerlerin yapısal bozulmasını ve fonksiyonlarındaki azalmasını hızlandırdığı düşünülür. Oksidatif stres hem ekstraselüller matrix proteinleri hem de DNA yapan proteinler veya histonlar tarafından korunamayan mitokondrial DNA' ları etkiler. Akciğer yapılarına uygun oksidanların toksik etkisinin KOAH gelişmesini beslediği bilinmektedir. Antioksidan tüketimindeki artış (vitamin C ve E) yaşlılarda akciğer fonksiyonlarını önemli derecede geliştirebilir ⁵³. Vitamin E ve C nin günlük diyetten ekstra 1mg artışı FEV₁' de 42 ml ve FVC' de 54 ml kadar ortalama bir artış sağladığı ⁵⁵, ayrıca sebze ve meyve tüketiminin solunum fonksiyonları üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir ⁵⁶.

Hava Yollarında Yaşa Bağlı Yapısal Değişiklikler

Hava yolları çevresinde destek dokulardaki yaşlanmaya bağlı azalmanın bir sonucu olarak küçük hava yolları daralma eğilimindedir. Bu yüzden normal nefes alma sırasında hava yolları erken kapanabilir ⁵¹. Bronşiollelerin capı 40 yaşında en üst seviyeye erişir ve daha sonra azalır. Küçük hava yollarındaki kayıp yaşlanma ile ekspirasyon akımında azalmaya sebep olabilir ⁵⁷.

Yaşın ilerlemesiyle alt ve üst hava yolları ve bunlara bitişik dokularda da yapısal değişiklikler oluşur. Gırtlığın kassal destek kaybı yaşlılarda üst hava yolu tıkanmasına hızlandırır. Ayrıca koruyucu öksürme ve yutma reflekslerinin kaybı aspirasyon riskini artırır ⁵³.

Solunum Kasları ve Yaşa Bağlı Değişiklikler

Solunum bir çok kasların ortak çalışması sonucunda meydana gelir. Bu kaslardan en önemlisi diyafragmadır. Sakin inspirasyon hemen sadece diyafragmanın kasılması ile gerçekleşir ⁵⁸.

Solunumda görev alan diğer kaslar şunlardır:

Göğüs kafesini yükselten kaslar inspirasyon kasları; aşağı çeken kaslar da ekspirasyon kasları olarak sınıflandırılmaktadır. Göğüs kafesini yükselten en önemli kaslar, eksternal interkostal kaslardır. Fakat aynı zamanda sternumu yukarı doğru kaldıran m. sternocleidomastoideus, kaburgaların çoğunu yukarı kaldıran m. serratus anterior ve ilk iki kaburgayı yukarı kaldıran m.scaleni de göğüs kafesini yükselten diğer yardımcı kaslardır ³⁸.

Ekspirasyon sırasında göğüs kafesini aşağı doğru çeken kasları ise m. rectus abdominalis (alt kaburgaları aşağı doğru çeker ve aynı zamanda diğer abdominal

kaslarla birlikte karın içi organlarını yukarıya, diyafragma doğru sıkıştırır) ve internal interkostal kaslardır ³⁸.

Solunum kaslarının fonksiyonu genellikle maksimal inspirasyon basıncı (MIP) ve maksimal ekspirasyon basıncı ve bazen de ortalama transdiyafragmatik basınç (Pdi) ile ölçülür ⁵. MIP diyafragma gücünün bir göstergesi iken MEP interkostal ve abdominal kasların gücünü ölçer ⁴. MIP ve MEP in her ikisi de ağızdan ölçülebilir. Solunum kaslarının performansı, yaşla fonksiyonel rezidüel kapasitedeki artış, göğüs duvarı kompliyansındaki azalma ve göğüs kafesindeki geometrik değişiklikler ile bozulur. Bel kemiğinin kifotik eğimi ve göğüs AP çapı yaş ile artar. Bu nedenle diyafragmanın güç üretme kapasitesi azalır ⁵¹. Yapılan çalışmalarda maksimal inspirasyon basıncı ile diyafragma kas fibrillerinin büyüklüğü arasında doğrudan bir ilişki olduğu ⁵, yaşlıların diyafragma gücünün ve Pdi (transdiaphragmatic basınc) değerlerinin genç ve orta yaşlılardan daha düşük olduğu bildirildi ⁴. Sağlıklı kişilerde tam inspirasyon ve tam ekspirasyonla üretilen maksimum basınç yaşlanmaya bağlı olarak önemli derecede düşer ve ileri yaşlarda FEV₁/FVC oranı %65-55 e kadar düşebilir ⁵⁹.

İskelet kasındaki yaşa bağlı değişiklikler solunum kas fonksiyonunu da büyük oranda etkiler. Ölümlerde yapılan çalışmalarda vücut ağırlığı ve diyafragma kas gücü arasında ilişki olduğu bildirildi. 70 yaşında elektromyogram aktivitesinin kaybı normalde iskelet kaslarında % 50 ye kadar çıkabilirken bu düşüş diyafragmada daha az olabilir (% 10-20). Kas gücünde yaşa bağlı azalmanın en önemli belirleyicileri; kas kütlelerinde azalma (fibril bölgesi), kas fibrillerinin sayısında azalma (özellikle Tip II fibrilleri), nöromusküler kavşaktaki değişiklikler, Ca (kalsiyum) pompasında bozulma,

kas miyozinlerinin ağır zincirlerinin azalmış sentezi ve mitokondrial solunum zinciri fonksiyonundaki bozukluklar olarak gösterilebilir ⁵¹.

Solunum kas gücü yaşlılarda genelde beslenme düzeyi ile de ilişkilidir. MIP ve MEP' in yağsız vücut kitlesi ve vücut ağırlığıyla ilişkili olduğu, yetersiz beslenmenin maksimal istemli ventilasyon (MVV) ve solunum kas gücünü olumsuz etkilediği belirlenmiştir ⁵¹.

Solunum kas fonksiyonu enerjinin varlığına da bağlıdır. (kan akımı, oksijen içeriği, karbonhidrat ve lipit seviyeleri) Kronik kalp yetmezliği olan hastalarda solunum kas gücünde önemli bir düşüş belirlenmiştir. Ayrıca MIP, kardiyak indeks, maksimal oksijen tüketimi (O₂ max) ve vücut ağırlığı arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir ⁵¹.

Akciğer Hacim ve Kapasiteleri ve Yaşa Bağlı Değişiklikler

Normal bir ekspirasyon sonunda göğüs kafesinin bütün kasları gevşer, göğüs kafesi istirahat durumundadır ve hava akımı durmuştur. Bu durum veya bu pozisyon, solunumun "istirahat düzeyi" olarak tanımlanır. Bu pozisyonda akciğerler, birbirine karşı, fakat denge halinde iki gücün etkisi altındadırlar. İstirahat düzeyinden itibaren akciğerlerin hacmi, inspirasyonda alabilecekleri veya ekspirasyonda atabilecekleri hava miktarına göre hacim olarak bir takım alt bölümlere ayrılır. Bu alt bölümler, "akciğer hacimleri" olarak tanımlanırlar. Dört tane akciğer hacmi vardır ⁴⁷.

1. Soluk hacmi (tidal volüm): Her normal sakin solunum hareketi ile akciğerlere alınan veya akciğerlerden çıkarılan hava hacmidir. Miktarı genç insanlarda ortalama 500 ml kadardır.

2. İspirasyon yedek hacmi: Normal soluk hacminin üzerine fazladan alınabilen soluk hacmidir; genel olarak 3000 ml kadardır.

3. Ekspirasyon yedek hacmi: Sakin bir ekspirasyona ek olarak, zorlu bir ekspirasyonla fazladan çıkarılabilen hava hacmidir; miktarı normal olarak 1100 ml civarındadır.

4. Tortu hacmi (Rezidüel hacim): En zorlu ekspirasyondan sonra bile akciğerlerde kalan hava hacmi olup, yaklaşık olarak 1200 ml dir.

Solunum döngüsünde olayları tanımlarken, yukarıdaki hacimlerin iki ya da daha fazlasının birlikte değerlendirilmesi gerekebilir. Böyle kombinasyonlar akciğer kapasiteleri olarak adlandırılır.

1. İnspirasyon kapasitesi: Soluk hacmi ile inspirasyon yedek hacminin toplamına eşittir. Zorlu bir inspirasyonla akciğerlere alınabilen maksimum hava hacmidir ki, yaklaşık 3500 ml dir.

2. Fonksiyonel rezidüel kapasite: Ekspirasyon yedek hacmi ile tortu hacminin toplamına eşittir. Bu, normal bir ekspirasyonun sonunda akciğerlerde kalan hava miktarı olup, 2300 ml kadardır.

3. Vital kapasite: İnspirasyon yedek hacmi, soluk hacmi ve ekspirasyon yedek hacminin toplamına eşittir. Zorlu bir inspirasyondan sonra, maksimal bir ekspirasyonla akciğerlerden çıkarabilen ve yaklaşık 4600 ml olan hava miktarıdır.

4. Total akciğer kapasitesi: Maksimal bir inspirasyondan sonra akciğerlerde bulunan toplam hava hacmidir. 5800-6000 ml kadardır. Total kapasite, dört akciğer hacminin veya vital kapasite ile rezidüel hacmin toplamına eşittir⁶⁰.

Tüm akciğer hacim ve kapasiteleri, kadınlarda erkeklerdekenden % 20-25 daha düşüktür. İri ve atletik kişilerde, küçük ve zayıf kişilerdekenden daha yüksektir⁵.

Yaşlanmaya bağlı oluşan göğüs duvarındaki sertleşme akciğerlerin çok distensibil olmasına neden olur. Buna bağlı olarak rezidüel volüm (RV) artar. Bu artış

20-70 yaş arası ortalama %50 dir ve aynı peryot süresince VC en iyi değerinin %75 ini kaybeder. Göğüs duvarının artmış elastik geri çekilme ve akciğer dokusunun azalmış elastik geri çekilme aynı zamanda genç deneklerden daha yüksek akciğer volümlerinde nefes alan yaşlı deneklerdeki fonksiyonel rezidüel kapasitedeki (FRC) artışı açıklayabilir. Solunum sisteminin statik basınç volüm eğrisinin şeklinden dolayı FRC deki artış solunum kasları üzerine ilave bir yük koyan göğüs duvarının elastik yükü ile ilişkilidir. Normal dinlenik nefes alma süresince 60 yaşındaki erkeklerde nefes almayla ilişkili enerji tüketimindeki artış 20 yaşındaki erkeklerden %20 daha fazla olarak tesbit edildi ⁵¹.

Kapanma hacmi (ekspirasyon sırasında küçük hava yollarının kapanmaya başladığı hacim) yaş ile artar. Terminal hava yollarının önceden kapanması bunları çevreleyen destek dokularındaki bir kayıpla ilişkilidir. Kapanma hacmi total akciğer kapasitesinin (TLC) %55-60' ına kadar ulaşabilir ve FRC' ye eşit olabilir. Bu sebeple normal solunum sırasında gaz değişimine katkısı bulunmayan periferik hava yolları önemli bir orana ulaşabilir. Bu durum arteriyel PO₂' de düşmeye, alveoler-arteriyel oksijen farkında önemli bir artışa ve CO₂ difüzyonunda bir azalmaya neden olur ^{51, 52}.

Dinamik Solunum Fonksiyon Testleri:

1. FVC (Zorlu vital kapasite): Maksimum inspirasyonun ardından, maksimum bir ekspirasyon yapıldığında, akciğerlere giren ve çıkan havanın toplam miktarıdır. FVC normal olarak yani bronkospazm yoksa VC' ye eşittir.

2. FEV₁ (Birinci saniyedeki zorlu ekspirasyon volümü): İlk bir saniyede çıkarılabilen zorlu hacimdir. (Akciğer fonksiyonlarının ölçülmesinde en sık kullanılan değerdir. Egzersiz öncesine göre egzersiz sonrasında FEV₁ de oluşacak %10' luk bir azalma egzersize bağlı bronkospazmı gösterir.

3. FEV₁/FVC: Bir saniyede yapılabilen ekspirasyonun yüzdesidir normalde %80-90 kadardır. Obstrüktif akciğer hastalıklarında %70'nin altına iner.

4. FEF 25-75: FVC' nin orta yarısı sırasında oluşan ortalama zorlu ekspirasyon akımı olarak tanımlanır.

5. PEF (Peak expiratory flow rate= Tepe ekspiratuvar akım hızı): FVC manevrası sırasında çıkarılabilen en yüksek akımı gösterir.

6. MVV (Maksimal volunter -istemli- ventilasyon): Birim zamanda atmosfer ile akciğerler arasında değiştirilebilen maksimum hava miktarının ölçülmesidir. Bu genellikle 15 saniye için ölçülür.

Sigaranın Akciğer Fonksiyonları Üzerine Etkileri

Sigara içmek santral ve periferik hava yolları, alveoller, kapillerler ve akciğerlerin bağışıklık sisteminin yapısını ve fonksiyonunu değiştirir. Sigara içenlerde çok sayıda pulmoner fonksiyon anormallikleri görülmüştür. Sürekli sigara içenler içmeyenlerle ya da daha önce içmiş olanlarla karşılaştırıldığında düşük FEV ve FEV₁ değerlerine sahip oldukları ve bu değerlerdeki yıllık azalmada daha hızlı bir artış gösterdikleri tespit edilmiştir ^{61, 62}. Bu bulgular sigara kullanma dozuna bağlı olarak erkeklerde kadınlardan daha ileri seviyede görülmektedir. Orta yaşlarda nispeten düşük bir FEV ve FEV₁ değerleri ve bu değerlerde beklenenden daha hızlı bir azalma pulmoner bir bozukluğun gelişmesi muhtemel sigara içicilerini belirlemede çok yararlı iki bulgudur ⁶¹. Düşük bir FEV₁ aynı zamanda akciğer kanseri, kardiyovasküler hastalıklar ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) 'nın önceden tahmin edilmesinde çok önemlidir ⁶³.

Sigara içenler arasında solunumla ilgili semptomlar büyük ölçüde artar. Kronik öksürük, balgam üretimi, horlama ve nefes darlığı sigara içme dozuyla ilişkilidir. Hava

yolu epitelinde sigara içmeye bağlı değişiklikler silya kaybı, muköz bez hipertrofisi, goblet hücrelerinin sayısında artışı⁶¹.

Sigara içmek kronik bronşit, amfizem ve KOAH için temel risk faktörüdür⁶¹. KOAH ile ilişkili akciğerlerdeki bozulma içilen sigaranın sayısı ve süresiyle ilişkilidir (paket yıl). Çocukluk ve adölesan döneminde içilen sigara solunumsal hastalıkların sayısını ve şiddetini artırır. Aynı zamanda erken yaşlarda sigara içmek maksimum akciğer fonksiyon seviyesinde ve akciğer gelişme oranında gecikmeye neden olur. Çocukluk döneminde akciğer gelişimindeki gecikme akciğerlerin normal fonksiyon ve gelişimine ulaşamayacağı anlamına gelir⁶⁴.

Normalde akciğer fonksiyonlarında yaklaşık 30 yaşlarında yavaş yavaş bir azalma başlar. Sigara içenlerde bu kademeli azalma daha erken yaşlarda görülür. Yaşları 10-18 arasında 10.000 nin üzerinde erkek ve kızlar üzerinde yapılan bir araştırmada sigara içmeye bağlı orta hava yolları tıkanması ve yavaşlamış bir akciğer fonksiyonu belirlendi⁶⁴. Diğer bir çalışmada sigara içenler arasında akciğer fonksiyon bozukluklarının başlangıcının 15-24 yaşlar arasında olduğu bildirilmiştir⁶⁵. Özellikle sigara içme yoğunluğunun yüksek ve süresinin uzun olması ve içilen sigaranın katran oranı, sigara içmeye bağlı KOAH'ın gelişmesine katkıda bulunan faktörlerdir. KOAH'a katkıda bulunan diğer faktörler yaşın ilerlemesi, cinsiyet (erkeklerde yüksek) çocukluk döneminde geçirilen respiratuvar hastalıklar, mesleki maruz kalmalar, hava kirliliği, sosyoekonomik ve eğitim statüsü, kan gurubu (A veya AB) α1 protease bozukluğu ve diğer ailesel faktörlerdir⁶³.

Obstrüktif akciğer hastalıklarına sigara içmenin nasıl neden olduğunun tam mekanizmaları net olarak tespit edilememiştir. İleri sürülen bir mekanizma sigaranın akciğerlerde proeolytic ve antiproteolytic aktivite arasında bir dengesizliğe neden

olmasıdır. Bazı çalışmalar KOAH' ın gelişmesinde bir risk faktörü olan hava yolu hassasiyetinin artmasında sigara içmenin katkısını ortaya koymaktadırlar ⁶¹. Dutch hipotezi KOAH ve astım riskinin kişinin genetik yapısı ve çevresel faktörlerin bir kombinasyonu sonucu oluştuğunu bildirmektedir. Bronşiyal aşırı hassasiyet KOAH' ın gelişmesine katkıda bulunabilen bir endojen faktördür. Bu riske katkıda bulunan genetik faktörler henüz iyi anlaşılamamıştır ⁶³.

Sigara kronik kalp hastalığı ve onunla ilişkili komplikasyonların gelişmesine doğrudan katkıda bulunan değişikliklere de yol açar. Koroner arter spazmı ve miyokard iskemisine neden olabilir. Ani ölümlere yol açan ventriküler fibrilasyon oluşturabilir. Kronik olarak sigara içmek koroner ateroskleroz ile sonuçlanabilir ⁶¹.

Ateroskleroz üzerinde yapılan son zamanlardaki çalışmalarda, karotid arterde yağ birikimindeki artmışın hastanın sürekli sigara içmesinden daha çok toplam paket yılına bağlı olduğu bulunmuştur. Bu bulgular ateroskleroz gelişiminin maruz kalınan bazı sınır değerlerden sonra kümülatif ve değiştirilemez olabileceğini göstermektedir ⁶⁴.

Egzersiz ve Solunum

Egzersiz başlanmasıyla birlikte artan O₂ ihtiyacı solunum sisteminin hızlanması ve alveoler ventilasyonun artmasıyla karşılanır. Böylece akciğerlerden geçen kan miktarının artmasına paralel olarak kanın O₂ ile normal doygunluğunun sürdürülmesi sağlanır ⁴⁰. Normal bir akciğer, maksimal egzersiz süresince bile solunum ihtiyacını karşılayan büyük bir rezerv kapasitesine sahiptir. Egzersize bağlı olarak maksimal solunum erkeklerde 180 lt, bayanlarda 130 lt' ye ulaşabilir. Bu, dinlenik değerlerin 25 ile 30 katı kadardır Antrenmansız bayanlarda ve erkeklerde VO₂ ve VCO₂ çalışma kapasiteleri düşüktür bu yüzden maksimal ventilasyon düşüktür ⁶⁶.

Antrenmanlı kişilerin egzersiz sırasında verilen iş yükü veya oksijen tüketiminde dakika solunumunu düşürmeye meyilli oldukları görülmüştür. Egzersiz sırasındaki bu düşük solunum reaksiyonu, bütün atletlerde mevcuttur, fakat en belirgin olarak dayanıklılık sporu ile uğraşan atletlerde görülür. Bunun fizyolojik sebepleri henüz tam olarak bilinmemektedir. Ancak periferik kemoreseptörler fonksiyonları ile kalıtım ve aile etmenlerinin etkilerinin sebep olduğu önerilebilir. Düşük solunum özelliğine sahip olmak atletik performansın düzeyini ölçmede bir metod olarak kullanılabilir⁶⁶.

Egzersiz sırasında akciğer ventilasyon artışında diğer faktörler de önemli olabilir. Örneğin bazı deneysel çalışmalar, egzersiz süresinde kaslarda gelişen hipoksinin solunum merkezine sinir impulsları göndererek solunumu uyardığını düşündürmektedir. Aynı zamanda çalışan kaslar, aşırı miktarda CO₂ oluşturduğu ve çok fazla O₂ kullandığı için solunumun inspirasyon ve ekspirasyon siklusu arasında PCO₂ ve PO₂ belirgin olarak değişir. Bazı deneyler göstermektedir ki, kan gazlarında oluşan bu geniş çaplı oynamalar, ortalama değerler normal düzeyde kalsa bile solunumu uyarır. Bununla beraber, kanın kimyasal değişiklikleri için henüz zaman varken, solunumda büyük ölçüdeki artışın egzersizin başlangıcından hemen sonra ortaya çıkması, solunumdaki artıştan büyük ölçüde yukarıda belirtilen iki nörojenik etkenin sorumlu olduğunu göstermektedir. Bunlar beynin üst merkezlerinden kaynaklanan uyarıcı impulslar ve propriyoseptif uyarıcı reflekslerdir³⁸.

Egzersizde Oksijen Difüzyon Kapasitesi Değişiklikleri

Ağır egzersizde, oksijen için difüzyon kapasitesi genç erkeklerde istirahat halindeki değer in yaklaşık üç katı kadar olan dakikada maksimum 65 ml / mmHg' ya yükselir. Bu artışı sağlayan faktörler arasında, (1) önceden kapalı olan çok sayıda pulmoner kapillerin açılması veya açık olan kapillerlerin dilatasyonu sonucunda,

oksijenin difüzyona uğrayabileceği kanın yüzey alanının artması ve (2) alveoller ventilasyon ve alveoler kapillerlerin perfüzyonu arasında daha iyi bir uyumun sağlanması sayılabilir. Bundan dolayı egzersiz sırasında kanın oksijenlenmesindeki artış yalnızca alveoler ventilasyonla değil aynı zamanda solunum membranının kana oksijeni iletme kapasitesinin büyük oranda artması ile gerçekleşir^{49, 67}.

Egzersiz Süresince Pulmoner Kanın Oksijen Alımı

Ağır egzersiz sırasında, oksijen ihtiyacının normalin 20 katına çıkması ve aynı zamanda kardiyak debideki artış nedeniyle kanın kapillerde kalış süresi normalin yarısından daha aza iner. Bu durumun kanın oksijenlenmesini olumsuz bir şekilde etkilemesi gerekir. Fakat pulmoner membrandan oksijenin difüzyonu için var olan büyük güvenlik faktörü nedeniyle, yine de kan kapillerleri terk ederken neredeyse tamamen oksijenle doyurulmuştur⁴⁹.

Oksijen difüzyon kapasitesi egzersiz süresince yaklaşık olarak üç kat artar. Bu artış, difüzyona katılan kapillerlerin yüzey alanın genişlemesi ve akciğerlerin üst kısmında ventilasyon / perfüzyon oranının ideale yaklaşmasının bir sonucudur. Diğer taraftan, normalde kan, oksijenlenmesi için gereken sürenin üç katı daha uzun bir zaman kapillerlerde kalmaktadır. Yani kan pulmoner kapillerlerin üçte birini geçtiğinde tamamen oksijenle doymuş duruma gelir. Bu geçişin kalan üçte ikilik kısmında ise çok az oksijen kana girer. Egzersizde kapillerlerde kalma süresi kısalsa dahi, kan hala tama yakın oksijenlenebilmektedir⁴⁹.

Egzersizde Akciğer Kan Dolaşımı

Egzersize bağlı kalbe venöz dönüşün artmasına paralel olarak akciğerden kan geçişi oranında artar. Akciğer damarları kendilerine gelen kan hacmine dirençlerinde bir artma göstermeksizin uyarlar. Bu nedenle akciğer damarlarında belirgin bir basınç

artması, dolayısıyla direnç artması meydana gelmez.. İspirasyon sonunda kapalı glottis ile zorlu ekspirasyonun yapıldığı ağırlık kaldırılarak yapılan statik sporlarda karın ve göğüs boşluğuna basınç artar. Bu durum kalbe venöz dönüşü azaltır. Kalbe venöz dönüşün azalmasına bağlı olarak kalbin akciğerlere gönderdiği kan da azalır ⁵⁰.

Egzersizde Solunumun Düzenlenmesi

Egzersiz esnasında dokuların O₂ kullanmasının ve CO₂ oluşturmasının çok artmasına karşın, solunum kontrol mekanizması arteriyal kanın PO₂, PCO₂ ve H⁺ iyonları yoğunluğunu sabit bir şekilde devam ettirir. Bu durum, sadece egzersiz kanda laktik asidi fazlaca artıracak şekilde ise, egzersiz yüksek irtifalarda yapılıyorsa, egzersiz düşük şiddette olsa bile asidoza ve hipoksemiye neden olacak bazı fizyopatolojik durumlar mevcut ise bozulur ve asidoz görülür. Normal koşullarda, CO₂, O₂, ve pH yönünden homeostazi temin amacı ile ventilasyon organizmanın metabolik ihtiyaçlarına cevap vermelidir ve verecek bir şekilde düzenlenmelidir. Ventilasyon metabolik ihtiyaca cevap vermezse kanda CO₂ birikir. Bu da solunumsal asidoza neden olur. Asidoz ise hücre fonksiyonlarını bozucu bir etkiye sahiptir. Ventilasyon aksine organizmanın ihtiyacını aşarsa bu sefer CO₂ fazla atılır ve solunumsal alkaloz oluşur ⁶⁸.

Normal kişilerde egzersize bağlı olarak solunumsal asidoz veya solunumsal alkaloz pek görülmez. Egzersize bağlı solunumsal asidoz anormal solunum mekaniğine sahip kimselerde veya periferik veya santral kemoreseptörleri iyi çalışmayan hastalarda görülebilir. Normal kimselerde egzersiz esnasında alkaloz ise, ancak nadiren bazı fizyopatolojik hallerde görülebilir ⁶⁸.

MATERYAL METOD

Deneklerin Seçimi

Bu çalışmada, 39-70 yaşlarında, herhangi bir sağlık sorunu bulunmayan, geçmişte farklı spor branşlarında yer almış, 118 üst düzey erkek sporcu (23 orta ve uzun mesafe koşucusu, 32 futbolcu, 33 güreşçi ve 30 boksör) ve aynı yaş grubu 47 sedanter erkek yer aldı.

Deneklere Anket Uygulanması

Deneklere yaşı, geçmişte veya şimdi herhangi bir akciğer hastalığının olup olmadığı, sigara ve alkol kullanıp kullanmadığı, sigara içiyorsa kaç yıldır ve günde kaç adet içtiği, şu anda antrenman yapıp yapmadığı, antrenman yapıyorsa sıklığı ve süresi ile ilgili soruları içeren bir anket uygulandı. Deneklerin hiç birinde solunum fonksiyonlarını etkileyebilecek tanısı konmuş bir hastalık ve alkol ve uyuşturucu madde bağımlılığı yoktu.

Antropometrik Ölçümler

Vücut ağırlığı, şort ve ayaklar çıplak iken, 0-150 kg arası ağırlık ölçen ve 0,1 kg hassasiyete sahip kantar ile kg cinsinden ölçüldü.

Boy, vücut ağırlığı ölçümünde kullanılan kantarda bulunan 0,1 cm hassasiyete sahip metre ile ve ayaklar çıplak, ayak topukları bitişik, vücut ve baş dik, gözler karşıya bakar durumda iken metre cinsinden ölçüldü.

Vücut kitle indeksi (body mass index = BMI), vücut ağırlığının m cinsinden boyun karesine bölünmesi ile hesaplandı ve kg / m^2 olarak ifade edildi.

Solunum Fonksiyonlarının Ölçülmesi

Solunum fonksiyon testleri (SFT) Pony Spirometre (Cosmed S.r.l.) ile ölçüldü. Ölçümler esnasında, Vital kapasite [VC (L)], Zorlu vital kapasite [FVC (L)], 1

saniyedeki zorlu ekspirasyon hacmi [FEV₁ (L)], FEV₁/VC (%), FEV₁/FVC (%) ve ekspirasyon tepe akımı [PEF (L/sn)] değerleri elde edildi.

Ölçümler yapılırken, denekler sabit bir sandalyeye dik bir pozisyonda oturtulup, burun delikleri nefes alamayacak şekilde bir mandal ile kapatıldı. Normal olarak ağızdan üç kez nefes alıp verdikten sonra maksimum olarak inspirasyon yapması ve daha sonra maksimum bir hızla ekspirasyon yapması istendi. Ardı ardına üç tekrardan sonra en iyi değer alınarak kaydedildi.

Paket Yılın Hesaplanması

Paket yılın hesaplanması için günde içilen sigara sayısı 20' ye bölünerek sigara içilen yıl sayısı ile çarpıldı.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizde, gruplarası farklar için ANOVA, ANCOVA ve Post Hock LSD testleri, SFT ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler için lineer regresyon testi kullanıldı. Antropometrik ve spirometrik ölçüm sonuçları ortalama ± standart sapma (ort ± ss) olarak verildi.

SONUÇLAR

Çalışmaya katılan deneklerin sayıları ve özellikleri [yaş, boy, kilo, BMI, paket yıl, halen egzersiz yapan sayısı ve şimdiki egzersiz durumu (ŞED)] Tablo 1’ de sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışmaya katılan deneklerin özellikleri (ortalama \pm ss)

	Toplam		Sporcu		Sedanter	
	Sig (-)	Sig (+)	Sig (-)	Sig (+)	Sig (-)	Sig (+)
N	80	85	58	60	22	25
Yaş	51,5 \pm 8,7	51,0 \pm 8,5	52,0 \pm 9,3	50,1 \pm 8,6	50,3 \pm 6,9	53,1 \pm 8,2
Boy (cm)	1,72 \pm 0,06	1,72 \pm 0,06	1,73 \pm 0,07	1,73 \pm 0,06	1,70 \pm 0,05	1,70 \pm 0,05
Kilo (Kg)	78,9 \pm 10,4	80,0 \pm 11,8	78,5 \pm 9,9	81,2 \pm 12,2	79,9 \pm 11,8	77,3 \pm 10,6
BMI (Kg/cm ²)	26,8 \pm 3,2	27,0 \pm 3,6	26,3 \pm 2,9	27,1 \pm 3,7	27,9 \pm 3,9	26,7 \pm 3,4
Paket Yıl	-	23,2 \pm 16,7	-	20,5 \pm 14,2	-	29,7 \pm 20,5
Egzersiz (+)	21	21	21	21	-	-
ŞED (saat/haf)	0,6 \pm 1,1	0,6 \pm 1,1	0,8 \pm 1,2	0,8 \pm 1,2	-	-

Tablo 2’de, toplam denekte elde edilen regresyon analizi sonuçları verilmiştir. Solunum fonksiyon testlerini bağımsız olarak etkileyen en güçlü faktörler yaş ve boydu. Tüm solunum testleri yaşla birlikte azaldı. Boy ile VC, FVC, FEV₁ ve PEF arasında pozitif ilişki gözlenirken, FEV₁/VC ve FEV₁/FVC arasında ise negatif ilişki vardı. Paket yıl ile FEV₁, PEF ve FEV₁/VC arasında çok önemli negatif ilişkiler vardı. ŞED ile VC, FVC, FEV₁ ve PEF arasında güçlü pozitif ilişkiler saptandı. BMI ile sadece VC arasında zayıf ancak anlamlı bir negatif ilişki bulundu.

Denekler 5 yıllık yaş gruplarına ayrılarak {39-44 yaş (Grup I), 45-49 yaş (Grup II), 50-54 yaş (Grup III), 55-59 yaş (Grup IV), 60-64 yaş (Grup V), 65-70 yaş (Grup

VI); incelendiğinde yaş artıka SFT' de azalma olduğu görüldü. Grup I' ve II' nin ortalama VC ve FVC değerleri diğer tüm gruplarınkinden anlamlı olarak büyüktü. Grup

Tablo 2. Toplam denekte SFT ile yaş, boy, BMI, Paket yıl ve ŞED arasındaki regresyonlar

		Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayılar		
		(B)	(SE)	Beta	t	p
VC (L)	Constant	- 5,392	1,070		- 5,04	0,000
	Yaş	- 0,050	0,004	- 0,499	- 12,54	0,000
	Boy	0,074	0,005	0,505	13,49	0,000
	BMI	- 0,020	0,009	- 0,078	- 2,27	0,025
	Paket yıl	- 0,002	0,002	- 0,042	- 1,16	0,249
	ŞED	0,122	0,029	0,150	4,20	0,000
FVC (L)	Constant	- 5,792	1,051		- 5,51	0,000
	Yaş	- 0,049	0,004	- 0,493	- 12,46	0,000
	Boy	0,074	0,005	0,515	13,86	0,000
	BMI	- 0,016	0,009	- 0,063	- 1,85	0,067
	Paket yıl	- 0,003	0,002	- 0,055	- 1,54	0,126
	ŞED	0,111	0,028	0,138	3,90	0,000
FEV ₁ (L)	Constant	- 1,722	0,896		- 1,92	0,056
	Yaş	- 0,049	0,003	- 0,578	- 14,64	0,000
	Boy	0,046	0,005	0,376	10,14	0,000
	BMI	- 0,014	0,007	- 0,065	- 1,90	0,058
	Paket yıl	- 0,004	0,002	- 0,105	- 2,94	0,004
	ŞED	0,122	0,024	0,178	5,04	0,000
PEF (L/sn)	Constant	4,515	3,442		1,31	0,192
	Yaş	- 0,009	0,013	- 0,443	- 7,59	0,000
	Boy	0,057	0,018	0,181	3,30	0,001
	BMI	- 0,016	0,028	- 0,030	- 0,60	0,552
	Paket yıl	- 0,024	0,006	- 0,218	- 4,12	0,000
	ŞED	0,539	0,093	0,302	5,79	0,000
FEV ₁ /VC (%)	Constant	144,5	17,77		8,13	0,000
	Yaş	- 0,260	0,067	- 0,321	- 3,90	0,000
	Boy	- 0,312	0,091	- 0,267	- 3,44	0,001
	BMI	0,140	0,146	0,069	0,96	0,337
	Paket yıl	- 0,092	0,031	- 0,221	- 2,97	0,003
	ŞED	0,294	0,480	0,045	0,61	0,541
FEV ₁ /FVC (%)	Constant	160,0	17,54		9,12	0,000
	Yaş	- 0,286	0,066	- 0,357	- 4,34	0,000
	Boy	- 0,360	0,090	- 0,311	- 4,02	0,000
	BMI	- 0,022	0,144	- 0,011	- 0,16	0,876
	Paket yıl	- 0,051	0,031	- 0,124	- 1,67	0,097
	ŞED	0,749	0,474	0,116	1,58	0,117

SE: Standart hata

Gurup II ve Grup III arasındaki farklar $p < 0,005$ düzeyinde, diğer farklar $p < 0,001$ düzeyinde anlamlıydı. Grup III' ün ortalama VC değeri Grup IV, V ve VI' nin VC değerlerinden daha yüksek bulundu (hepsi için $p < 0,001$). Grup IV ve V, Grup VI' ya göre daha büyük ortalama VC değerlerine sahipti (Grup V-VI arasındaki FVC farkı için $p < 0,005$, diğer farklar için $p < 0,001$) (Tablo 3).

En büyük ortalama FEV₁ değerlerine Grup I ve II sahipken, en küçük ortalama FEV₁ değeri Grup VI' da elde edildi; Grup III' ün ortalama FEV₁ değeri Grup IV ve V' inkinden daha yüksekti (bütün farklar için $p < 0,001$). Grup I' in ortalama PEF değeri diğer tüm yaş gruplarının değerlerine göre daha büyük bulundu (Grup II farkı için $p < 0,005$, diğer farklar için $p < 0,001$). Grup II, grup I dışında kalan diğer grupların hepsinden daha yüksek ortalama PEF değerine sahipti (Grup III farkı için $p < 0,005$, diğer farklar için $p < 0,001$). Ek olarak, Grup III' ün ortalama PEF değeri Grup V ($p < 0,005$) ve VI' nin ($p < 0,05$) değerlerinden daha büyük bulundu. Grup IV, V ve VI arasında anlamlı PEF farkı yoktu ($p > 0,05$). Grup I, II, III ve IV' ün ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerleri grup V ve VI' nin ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerlerinden anlamlı olarak daha yüksekti (Grup I için $p < 0,001$; Grup II için $p < 0,005$; Grup III için $p < 0,05$; Grup IV için $p < 0,005$). FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerleri açısından başka gruplar arası fark bulunmadı (Tablo 3).

Boy, BMI, paketyıl ve ŞED' e göre düzeltme yapıldığında tüm SFT değerleri açısından yaş grupları arasında bulunan farklar devam etti (Tablo 4). Bu sonuçlar, yaş artıkça SFT değerlerinin azaldığını gösterdi.

Tablo 3. Yaş gruplarına ait ANOVA testi sonuçları

	39-44 (Grup I)	45-49 (Grup II)	50-54 (Grup III)	55-59 (Grup IV)	60-64 (Grup V)	65-70 (Grup VI)	F	p
N	45	33	30	22	19	16		
Yaş	41,5 ± 1,4	46,5 ± 1,4	51,8 ± 1,3	57,2 ± 1,1	61,5 ± 1,3	67,1 ± 1,7	1207,00	0,000
Boy	1,75 ± 0,06	1,74 ± 0,06	1,73 ± 0,05	1,67 ± 0,05	1,69 ± 0,05	1,69 ± 0,03	9,24	0,000
Kilo	79,5 ± 10,3	83,7 ± 9,7	83,4 ± 11,4	72,6 ± 10,0	72,8 ± 9,6	80,7 ± 12,2	5,40	0,000
BMI	26,1 ± 2,9	27,7 ± 2,7	27,9 ± 4,0	26,1 ± 3,0	25,4 ± 3,3	28,2 ± 4,4	2,95	0,014
Paket yıl	7,1 ± 9,1	9,2 ± 10,8	12,8 ± 15,2	10,1 ± 15,6	13,4 ± 21,3	30,3 ± 27,7	5,59	0,000
ŞED	0,8 ± 1,4	1,0 ± 1,2	0,2 ± 0,6	0,6 ± 0,9	0,1 ± 0,5	0,2 ± 0,8	5,81	0,003
VC	4,86 ± 0,63 ^a	4,69 ± 0,63 ^a	4,27 ± 0,51 ^b	3,56 ± 0,58 ^c	3,54 ± 0,50 ^c	2,86 ± 0,24	46,76	0,000
FVC	4,70 ± 0,60 ^a	4,57 ± 0,67 ^a	4,13 ± 0,52 ^b	3,45 ± 0,59 ^c	3,41 ± 0,44 ^c	2,76 ± 0,22	45,47	0,000
FEV1	3,95 ± 0,46 ^d	3,84 ± 0,48 ^a	3,38 ± 0,40 ^e	2,93 ± 0,40	2,69 ± 0,41	2,14 ± 0,26	66,10	0,000
PEF	10,71 ± 1,6 ^d	9,67 ± 1,97 ^a	8,51 ± 1,12 ^e	7,97 ± 0,97	7,27 ± 0,82	7,39 ± 0,8	27,31	0,000
FEV1/VC	81,9 ± 5,2 ^e	82,2 ± 5,7 ^e	80,5 ± 7,5 ^e	82,9 ± 8,7 ^e	76,0 ± 7,2	75,0 ± 5,0	5,57	0,000
FEV1/FVC	84,7 ± 5,3 ^e	84,2 ± 6,4 ^e	82,1 ± 6,7 ^e	84,9 ± 8,4 ^e	78,0 ± 5,8	77,7 ± 6,5	5,78	0,000

a: Grup III, IV, V ve VI' dan farklı; b: Grup VI, V ve VI' dan farklı; c: Grup VI' dan farklı; d: Grup II dışındaki grupların tümünden farklı; e: Grup I dışındaki grupların tümünden farklı; d: diğer grupların tümünden farklı; e: Grup V ve VI' dan farklı (p değerleri meın içinde verilmiştir).

Tablo 4. Yaş gruplarına ait ANCOVA testi sonuçları

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	F	p
Düzeltilmiş Model	VC	103,1	9	86,68	0,000
	FVC	100,6	9	86,26	0,000
	FEV ₁	74,1	9	90,10	0,000
	PEF	373,9	9	29,24	0,000
	FEV ₁ VC	1812,3	9	5,09	0,000
	FEV ₁ FVC	1815,6	9	5,24	0,000
Intercept	VC	9,2	1	69,49	0,000
	FVC	10,1	1	78,14	0,000
	FEV ₁	2,9	1	31,49	0,000
	PEF	0,02	1	0,02	0,901
	FEV ₁ VC	2051,2	1	51,83	0,000
	FEV ₁ FVC	2631,4	1	68,35	0,000
Boy	VC	24,5	1	185,38	0,000
	FVC	25,3	1	195,14	0,000
	FEV ₁	10,1	1	111,01	0,000
	PEF	12,0	1	8,45	0,004
	FEV ₁ VC	324,8	1	8,21	0,005
	FEV ₁ FVC	490,8	1	12,75	0,000
BMI	VC	0,7	1	5,08	0,026
	FVC	0,4	1	3,41	0,067
	FEV ₁	0,4	1	4,42	0,037
	PEF	0,9	1	0,65	0,423
	FEV ₁ VC	19,5	1	0,49	0,483
	FEV ₁ FVC	5,4	1	0,14	0,708
Paket yıl	VC	0,004	1	0,04	0,851
	FVC	0,04	1	0,34	0,561
	FEV ₁	0,4	1	4,07	0,045
	PEF	31,7	1	22,32	0,000
	FEV ₁ VC	278,8	1	7,04	0,009
	FEV ₁ FVC	81,7	1	2,12	0,147
ŞED	VC	2,7	1	20,78	0,000
	FVC	2,2	1	17,15	0,000
	FEV ₁	2,5	1	27,37	0,000
	PEF	47,6	1	33,52	0,000
	FEV ₁ VC	9,1	1	0,23	0,633
	FEV ₁ FVC	73,7	1	1,91	0,169
Yaş Grubu	VC	25,6	5	38,68	0,000
	FVC	24,1	5	37,11	0,000
	FEV ₁	23,9	5	52,40	0,000
	PEF	105,9	5	14,91	0,000
	FEV ₁ VC	858,8	5	4,34	0,001
	FEV ₁ FVC	995,3	5	5,17	0,000

Tablo 5’de paket yıla göre yapılan grupların SFT değerleri ve bunlar arasındaki farklar verilmiştir. Sigara içmeyenlerin (SİG 0) ortalama VC ve FVC değerleri hem az sigara içen (paketyıl \leq 20; SİG 1) hem de çok sigara içenlerin (paketyıl $>$ 20; SİG 2) ortalama VC ve FVC değerlerinden anlamlı olarak daha yüksek bulundu (VC için SİG 1’ den fark $p < 0,01$, SİG 2’ den fark $p < 0,005$; FVC için SİG 1’ den fark $p < 0,05$, $p < 0,005$). SİG 1’ in ortalama VC ve FVC’ si SİG 2’ ninkilerden daha büyüktü ($p < 0,001$). SİG 0 ve SİG 1, SİG 2’ ye göre daha yüksek ortalama FEV₁ ve PEF değerlerine sahipti (tüm farklar için $p < 0,001$). SİG 0’ ın ortalama FEV₁/VC değeri SİG 1 ve SİG 2’ nin FEV₁/VC’ sinden (sırasıyla $p < 0,005$, $p < 0,001$), FEV₁/FVC değeri ise sadece SİG 2’ nin FEV₁/FVC’ sinden anlamlı olarak yüksekti ($p < 0,05$).

Tablo 5. Paket yıl gruplarına ait ANOVA testi sonuçları

	SİG 0	SİG 1	SİG 2	F	p
N	80	52	33		
Yaş	51,5 ± 8,7	47,0 ± 6,0	57,3 ± 8,2	17,51	0,000
Boy	1,72 ± 0,06	1,73 ± 0,06	1,71 ± 0,05	1,98	0,141
Kilo	78,9 ± 10,4	80,3 ± 11,3	79,6 ± 12,8	0,24	0,788
BMI	26,8 ± 3,2	26,8 ± 3,2	27,4 ± 4,1	0,39	0,675
Paket yıl	0	13,0 ± 6,0	39,3 ± 15,5	7,76*	0,000
ŞED	0,6 ± 1,1	0,8 ± 1,2	0,2 ± 0,7	3,02	0,052
VC	4,18 ± 0,90	4,58 ± 0,65 ^a	3,66 ± 0,81 ^b	12,86	0,000
FVC	4,06 ± 0,88	4,42 ± 0,67 ^a	3,54 ± 0,82 ^b	11,94	0,000
FEV ₁	3,43 ± 0,75	3,60 ± 0,55	2,86 ± 0,71 ^b	12,52	0,000
PEF	9,55 ± 2,02	9,26 ± 1,47	7,35 ± 1,16 ^b	19,88	0,000
FEV ₁ /VC	82,7 ± 7,1	78,9 ± 5,8 ^a	77,7 ± 6,7 ^a	9,00	0,000
FEV ₁ /FVC	84,2 ± 6,7	81,8 ± 6,2	80,6 ± 7,8 ^a	3,97	0,021

*: Mann-Whitney U testine göre Z değeri. a: SİG 0’ dan farklı; b: SİG 0 ve SİG 1’ den farklı (p değerleri metin içinde verilmiştir).

Kovaryans analizi yapılarak yaş, boy, BMI ve ŞED' e göre düzeltme yapıldıktan sonra paket yıl grupları arasındaki VC ve FVC farkları ortadan kalkarken, FEV₁, PEF, FEV₁/VC ve FEV₁/FVC farkları devam etti (Tablo 6). Bu sonuçlara göre sigara içenler

Tablo 6. Paket yıl gruplarına ait ANCOVA testi sonuçları

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	F	p
Düzeltilmiş Model	VC	100,5	114,95	114,95	0,000
	FVC	98,3	115,55	115,55	0,000
	FEV ₁	72,1	117,85	117,85	0,000
	PEF	380,2	46,81	46,81	0,000
	FEV ₁ /VC	2047,6	9,14	9,14	0,000
	FEV ₁ /FVC	1845,9	8,19	8,19	0,000
Yaş	VC	3222,7	85,76	85,76	0,000
	FVC	20,1	138,17	138,17	0,000
	FEV ₁	19,9	140,00	140,00	0,000
	PEF	22,1	216,88	216,88	0,000
	FEV ₁ /VC	95,5	70,56	70,56	0,000
	FEV ₁ /FVC	979,2	26,22	26,22	0,000
Boy	VC	1014,7	27,00	27,00	0,000
	FVC	26,8	183,76	183,76	0,000
	FEV ₁	27,4	192,92	192,92	0,000
	PEF	10,9	107,10	107,10	0,000
	FEV ₁ /VC	19,8	14,66	14,66	0,000
	FEV ₁ /FVC	418,2	11,20	11,20	0,001
BMI	VC	596,6	15,88	15,88	0,000
	FVC	0,7	4,63	4,63	0,033
	FEV ₁	0,4	2,92	2,92	0,090
	PEF	0,3	2,90	2,90	0,090
	FEV ₁ /VC	0,1	0,06	0,06	0,814
	FEV ₁ /FVC	52,5	1,41	1,41	0,237
ŞED	VC	0,2	0,01	0,01	0,942
	FVC	2,4	16,80	16,80	0,000
	FEV ₁	2,1	14,48	14,48	0,000
	PEF	2,6	25,68	25,68	0,000
	FEV ₁ /VC	49,3	36,41	36,41	0,000
	FEV ₁ /FVC	22,0	0,59	0,59	0,444
Paket yıl Grubu	VC	112,7	3,00	3,00	0,085
	FVC	0,3	1,06	1,06	0,350
	FEV ₁	0,257	0,91	0,91	0,407
	PEF	1,0	4,89	4,89	0,009
	FEV ₁ /VC	51,1	18,85	18,85	0,000
	FEV ₁ /FVC	838,0	11,22	11,22	0,000
		396,8	5,28	5,28	0,006

ile içmeyenler arasında ortalama VC ve FVC değerleri açısından anlamlı fark yokken, sigara içmeyenlerin ve az içenler, çok sigara içenlere göre daha yüksek ortalama FEV₁ ve PEF değerlerine sahipti. Sigara içmeyenlerin ortalama FEV₁/VC değeri hem az hem de çok içenlerinkine göre, FEV₁/FVC değeri ise sadece çok içenlerinkine göre daha büyüktü.

Denekler spor branşlarına göre incelendiğinde, hiçbir SFT değeri açısından branşlar arasında anlamlı fark bulunmadı. Ancak bütün testler sedanterler ile sporcular arasında anlamlı farklar gösterdi. Boksörlerin VC' si dışında, tüm branşların (Atlet, Futbol, Güreş ve Boks) ortalama VC ve FVC değerleri sedanter grubunun değerlerinden büyüktü. Atletlerin ve futbolcuların ortalama FEV₁ değeri sedanterlerinkinden anlamlı olarak daha yüksekti. Güreşçiler ve boksörlerin ortalama FEV₁ değerleri de sedanterlerinkinden oldukça büyüktü (Güreş = 3,42 ± 0,79, Boks = 3,29 ± 0,75 ve Sedanter = 3,11 ± 0,50), ancak bu farklar anlamlı değildi (p > 0,05). Tüm branşların ortalama PEF değerleri de sedanter grubununkinden oldukça büyük olmasına (Atlet = 9,22 ± 2,18, Futbol = 9,57 ± 2,05, Güreş = 9,13 ± 1,82, Boks = 9,14 ± 1,89 ve Sedanter = 8,38 ± 1,61) rağmen, sadece futbol grubu ile sedanter grubu arasında anlamlı fark vardı (p < 0,01). FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerlerinin anova testi sonuçları zıt farklar ortaya koydu. Sedanterlerin ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC' i tüm spor gruplarınınkinden anlamlı olarak daha yüksekti (Tablo 7).

Ancova testi ile yaş, boy, BMI, paket yıla düzeltmeler yapıldıktan sonra FEV₁ ve PEF değerlerinde bulunan sporcu-sedanter farkları ortadan kalktı, oysa ki VC, FVC, FEV₁/VC ve FEV₁/FVC farkları devam etti (Tablo 8). Bu sonuçlara göre, sporcuların ortalama VC ve FVC' leri (boksörlerin VC' si hariç), sedanterlerinkinden büyük iken, ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerleri daha küçüktü.

Tablo 7. Spor gruplarına ait ANOVA testi sonuçları

	Atlet (n = 23)	Futbol (n = 32)	Gitres (n = 33)	Boks (n = 30)	Sedanter (n = 47)	F	p
Yaş	52,2 ± 10,2	50,6 ± 9,1	49,5 ± 8,7	52,3 ± 8,2	51,8 ± 7,7	0,62	0,647
Boy	1,74 ± 0,05	1,76 ± 0,06	1,71 ± 0,06	1,71 ± 0,07	1,70 ± 0,05	6,15	0,000
Kilo	74,6 ± 6,82	79,1 ± 8,1	86,1 ± 13,6	77,6 ± 10,9	78,5 ± 11,2	4,73	0,001
BMI	24,7 ± 2,22	25,7 ± 2,4	29,4 ± 3,5	26,4 ± 2,9	27,2 ± 3,7	9,52	0,000
Paket yıl	9,0 ± 12,8	11,9 ± 17,0	10,3 ± 15,2	10,1 ± 12,1	15,8 ± 21,0	0,97	0,429
ŞED	0,5 ± 1,0	0,5 ± 1,0	1,3 ± 1,6	0,9 ± 1,0	-	2,99	0,034
VC	4,50 ± 0,93 ^c	4,55 ± 0,87 ^d	4,28 ± 0,98 ^a	4,16 ± 0,87	3,79 ± 0,56	5,17	0,001
FVC	4,38 ± 0,92 ^d	4,44 ± 0,88 ^d	4,15 ± 0,92 ^c	4,05 ± 0,85 ^a	3,62 ± 0,55	6,24	0,000
FEV1	3,53 ± 0,79 ^a	3,65 ± 0,79 ^c	3,42 ± 0,79	3,29 ± 0,75	3,11 ± 0,50	3,25	0,014
PEF	9,22 ± 2,18	9,57 ± 2,05 ^b	9,13 ± 1,82	9,11 ± 1,89	8,38 ± 1,61	2,17	0,074
FEV1/VC	78,7 ± 4,73 ^b	79,9 ± 6,1 ^a	80,1 ± 4,6 ^a	78,4 ± 6,9 ^c	83,3 ± 9,0	3,23	0,014
FEV1/FVC	80,5 ± 5,6 ^c	82,5 ± 6,3 ^a	82,3 ± 5,2 ^a	80,7 ± 7,2 ^c	85,6 ± 7,9	3,54	0,009

Spor grubuyla sedanter grubu arasındaki fark; a: p < 0,05, b: p < 0,01, c: p < 0,005, d: p < 0,001

Tablo 8. Spor gruplarına ait ANCOVA testi sonuçları

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	F	p
Düzeltilmiş Model	VC	102,4	9	83,36	0,000
	FVC	101,5	9	91,02	0,000
	FEV ₁	72,7	9	80,72	0,000
	PEF	366,1	9	27,64	0,000
	FEV ₁ VC	2362,7	9	7,29	0,000
	FEV ₁ FVC	2451,1	9	7,92	0,000
Yaş	VC	24,4	1	178,64	0,000
	FVC	24,1	1	194,30	0,000
	FEV ₁	21,9	1	218,97	0,000
	PEF	91,4	1	62,13	0,000
	FEV ₁ VC	410,7	1	11,40	0,001
	FEV ₁ FVC	495,7	1	14,41	0,000
Boy	VC	18,7	1	136,82	0,000
	FVC	18,1	1	146,29	0,000
	FEV ₁	7,1	1	70,64	0,000
	PEF	7,1	1	4,83	0,029
	FEV ₁ VC	318,4	1	8,84	0,003
	FEV ₁ FVC	436,6	1	12,69	0,000
BMI	VC	0,2	1	1,79	0,183
	FVC	0,1	1	0,67	0,414
	FEV ₁	0,1	1	0,63	0,430
	PEF	0,5	1	0,37	0,545
	FEV ₁ VC	52,4	1	1,45	0,230
	FEV ₁ FVC	0,2	1	0,00	0,947
Paket yılı	VC	0,1	1	0,40	0,528
	FVC	0,1	1	0,79	0,374
	FEV ₁	0,8	1	7,66	0,006
	PEF	23,9	1	16,23	0,000
	FEV ₁ VC	494,3	1	13,72	0,000
	FEV ₁ FVC	206,4	1	6,00	0,015
ŞED	VC	1,2	1	8,96	0,003
	FVC	0,7	1	5,92	0,016
	FEV ₁	2,3	1	22,86	0,000
	PEF	50,2	1	34,13	0,000
	FEV ₁ VC	224,6	1	6,24	0,014
	FEV ₁ FVC	430,1	1	12,50	0,001
Spor Grubu	VC	2,0	4	3,64	0,007
	FVC	3,1	4	6,30	0,000
	FEV ₁	0,7	4	1,78	0,136
	PEF	11,3	4	1,93	0,109
	FEV ₁ VC	799,1	4	5,55	0,000
	FEV ₁ FVC	892,7	4	6,49	0,000

Tablo 9' da, şimdiki egzersiz durumuna (ŞED) göre oluşturulan grupların SFT değerleri (ortalama \pm SS) ve bunlar arasındaki farklar verilmiştir. Sedanterlerin ortalama VC ve FVC değerleri inaktif (Grup 0), haftada 2 saat ve daha az egzersiz yapan (Grup 1) ve haftada 2 saatten fazla egzersiz yapan (Grup 2) sporcularınkinden (sırasıyla $p < 0,005$, $p < 0,001$ ve $p < 0,001$) anlamlı olarak daha küçüktü. Grup 0' in ortalama VC ve FVC' si, Grup 2' nin değerlerinden daha düşük bulundu (VC için $p < 0,01$; FVC için $p < 0,05$). Sedanterler ve Grup 0' in ortalama FEV₁ ve PEF değerleri hem Grup 1 (FEV₁ için sedanterle fark $p < 0,005$, Grup 0' la fark $p < 0,05$, PEF için $p < 0,001$) hem de Grup 2' ninkilerden (bütün farklar için $p < 0,001$) daha düşüktü. Sedanterler ile Grup 0 arasında ise FEV₁ ve PEF açısından fark yoktu ($p > 0,05$). Grup 1'in ortalama PEF değeri de Grup 2' ninkinden anlamlı olarak küçük bulundu ($p < 0,05$).

Diğer taraftan, Grup 0' in ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerlerinin sedanterler ($p < 0,001$), Grup 1 (srasıyla $p < 0,01$ ve $p < 0,005$) ve Grup 2' nin (srasıyla $p < 0,01$ ve $p < 0,005$) değerlerinden daha küçük olduğu saptandı (Tablo 9).

Tablo 9. ŞED gruplarına ait ANOVA testi sonuçları

	Sedanter	Grup 0	Grup 1	Grup 2	F	p
N	47	76	29	13		
Yaş	51,9 ± 7,7	52,8 ± 9,7	49,1 ± 6,2	44,8 ± 6,5	4,10	0,008
Boy	1,70 ± 0,05	1,73 ± 0,06	1,73 ± 0,07	1,73 ± 0,05	3,06	0,030
Kilo	78,5 ± 11,2	79,5 ± 10,9	80,2 ± 12,2	81,2 ± 11,1	0,27	0,851
BMI	27,2 ± 3,7	26,6 ± 3,4	26,8 ± 3,0	27,3 ± 3,3	0,37	0,777
Paket yıl	15,8 ± 21,0	11,5 ± 16,0	8,2 ± 10,6	9,0 ± 12,1	1,47	0,224
ŞED	0	0	1,8 ± 0,4	3,2 ± 0,7	5,64*	0,000
VC	3,79 ± 0,56 ^a	4,22 ± 0,93 ^b	4,51 ± 0,87	4,89 ± 0,72	8,59	0,000
FVC	3,62 ± 0,55 ^a	4,12 ± 0,919 ^b	4,38 ± 0,87	4,72 ± 0,68	9,46	0,000
FEV ₁	3,11 ± 0,50 ^c	3,30 ± 0,79 ^c	3,68 ± 0,71	4,05 ± 0,51	8,77	0,000
PEF	8,38 ± 1,61 ^c	8,65 ± 1,62 ^c	9,98 ± 1,86 ^b	11,29 ± 2,23	14,03	0,000
FEV ₁ /VC	83,3 ± 9,0	77,8 ± 5,2 ^a	81,8 ± 6,0	83,0 ± 4,2	8,21	0,000
FEV ₁ /FVC	85,6 ± 7,9	79,7 ± 5,3 ^a	84,6 ± 6,5	86,1 ± 4,9	11,16	0,000

* Mann-Whitney U testine göre Z değeri. a: diğer grupların tümünden farklı; b: Grup 2' den farklı; c: Grup 1 ve 2' den farklı; d: Grup 0' dan farklı (p değerleri metin içinde verilmiştir).

Yaş, boy, BMI ve paket yıla göre düzeltme yapıldıktan sonra ŞED grupları arasındaki farklar devam etti (Tablo 10). Bu sonuçlara göre, sedanterlerin ortalama VC ve FVC değerleri egzersiz durumu ne olursa olsun tüm sporcuların değerlerinden, inaktif sporcuların ortalama VC ve FVC değerleri, daha yoğun egzersiz düzeyine sahip olanlarından anlamlı olarak düşüktü. Aktif sporcuların ortalama FEV₁ ve PEF' leri sedanterler ve inaktif sporcularından daha büyük bulundu.

Sigara ve egzersiz durumuna göre denekler 6 sigara-egzersiz (S-E) grubuna ayrıldı: sigara pozitif (içen)+egzersiz pozitif (yapan) (SİPEP); sigara negatif (içmeyen)+egzersiz pozitif (SİNEP); sigara pozitif+egzersiz negatif (yapmayan) (SİPEN); sigara negatif+egzersiz negatif (SİNEN); sigara pozitif sedanter (SİPS); ve sigara negatif sedanter (SİNS). SİPEP, SİNEP dışındaki tüm gruplardan anlamlı olarak daha yüksek ortalama VC, FVC ve FEV₁ değerlerine sahipti. SİNEP' in ortalama

Tablo 10. ŞED gruplarına ait ANCOVA testi sonuçları

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	F	p
Düzeltilmiş Model	VC	101,7	7	104,41	0,000
	FVC	100,9	7	114,28	0,000
	FEV ₁	71,9	7	98,83	0,000
	PEF	353,8	7	33,01	0,000
	FEV ₁ VC	2250,5	7	8,86	0,000
	FEV ₁ FVC	2290,0	7	9,35	0,000
	Yaş	VC	24,6	1	176,76
FVC		24,1	1	190,83	0,000
FEV ₁		21,8	1	209,97	0,000
PEF		84,8	1	55,40	0,000
FEV ₁ VC		377,3	1	10,40	0,002
FEV ₁ FVC		481,8	1	13,77	0,000
Boy		VC	21,6	1	155,24
	FVC	21,1	1	167,64	0,000
	FEV ₁	9,3	1	89,14	0,000
	PEF	14,9	1	9,73	0,002
	FEV ₁ VC	210,6	1	5,80	0,017
	FEV ₁ FVC	310,3	1	8,87	0,003
	BMI	VC	0,6	1	4,48
FVC		0,3	1	2,74	0,100
FEV ₁		0,4	1	3,46	0,065
PEF		0,6	1	0,41	0,521
FEV ₁ VC		18,1	1	0,50	0,481
FEV ₁ FVC		8,3	1	0,24	0,628
Paket yıl		VC	0,08	1	0,59
	FVC	0,1	1	1,06	0,305
	FEV ₁	0,8	1	7,63	0,006
	PEF	24,9	1	16,26	0,000
	FEV ₁ VC	473,3	1	13,05	0,000
	FEV ₁ FVC	183,4	1	5,24	0,023
	ŞED Grubu	VC	3,9	3	9,26
FVC		4,7	3	12,31	0,000
FEV ₁		2,5	3	8,04	0,000
PEF		49,5	3	10,78	0,000
FEV ₁ VC		702,0	3	6,45	0,000
FEV ₁ FVC		829,2	3	7,90	0,000

VC ve FVC' si her iki sedanter grubununkinden, ortalama FEV₁' i egzersiz yapmayan sporcu grupları ve sigara içen sedanter grubunun FEV₁' inden anlamlı olarak büyüktü. SİPEN ve SİNEN' in ortalama VC, FVC ve FEV₁ değerleri ile sigara içmeyen sedanterlerin ortalama FEV₁ değeri, SİPS' inkinden anlamlı olarak yüksek bulundu (Tablo 11 ve 12).

SİNEP' in ortalama PEF değeri SİPEP dışındaki tüm gruplarının, SİPEP' in ortalama PEF' i SİPEN, SİNEN ve SİPS gruplarının PEF değerlerinden anlamlı olarak büyüktü. SİNEN ve SİNS grupları SİPEN ve SİPS gruplarına göre daha büyük ortalama PEF değerlerine sahipti. SİNS grubunun ortalama FEV₁/VC değeri tüm grupların FEV₁/VC değerinden, SİNEP' FEV₁/VC' si SİNS dışındaki tüm gruplarınkinden anlamlı olarak yüksek bulundu. SİNS' nin ortalama FEV₁/FVC' si SİNEP dışındaki tüm grupların, SİPEP' in FEV₁/FVC' si SİPEN ve SİNEN' in, SİNEP' in FEV₁/FVC' si de SİPEN, SİNEN ve SİPS' in FEV₁/FVC değerlerinden anlamlı olarak daha büyüktü (Tablo 11 ve 12).

Tablo 11. Sporcularda egzersiz+ sigara gruplarına ait ANOVA testi sonuçları

	SIP-EP	SIN-EP	SIP-EN	SIN-EN	SIP-S	SIN-S	F	p
N	21	21	37	39	25	22		
Yaş	46,6±6,7	49,0±6,2	52,0±9,0	53,6±10,4	53,1±8,2	50,3±6,9	2,57	0,029
Boy	1,75±0,07	1,71±0,067	1,74±0,07	1,72±0,05	1,70±0,05	1,69±0,05	3,28	0,008
Kilo	82,8±13,1	78,2±9,9	78,7±10,0	80,3±11,7	77,3±10,6	79,9±11,8	0,69	0,634
BMI	27,1±3,7	26,8±2,5	26,1±3,1	27,1±3,7	26,7±3,4	27,9±3,9	0,84	0,525
Paket yıl	17,0±9,6	0	0	22,4±15,9	29,7±20,5	0	35,49	0,000
ŞED	2,3±0,8	2,2±0,8	0	0	0	0	0,19*	0,000
VC	4,81±0,74	4,44±0,90	4,21±1,04	4,23±0,82	3,72±0,62	3,87±0,49	5,24	0,000
FVC	4,65±0,80	4,33±0,84	4,12±1,02	4,11±0,80	3,55±0,62	3,70±0,48	5,71	0,000
FEV1	3,84±0,58	3,74±0,76	3,30±0,87	3,29±0,72	2,90±0,50	3,34±0,40	5,76	0,000
PEF	10,01±1,63	10,76±2,36	9,05±1,87	8,28±1,25	7,64±1,39	9,22±1,44	11,14	0,000
FEV1/VC	79,8±5,3	84,5±4,5	78,3±4,1	77,3±6,0	78,9±6,9	88,4±8,4	13,40	0,000
FEV1/FVC	83,6±6,7	86,5±5,0	79,6±4,2	79,7±6,2	82,0±7,6	89,7±6,2	11,81	0,000

SIP= sigara pozitif (içen); SIN = sigara negatif; EP = egzersiz pozitif (yapan); EN = egzersiz negatif; S = sedanter

*: independent-samples t testi sonucu

Tablo 12. Sporcularda egzersiz+ sigara gruplarına ait LSD testi sonuçları

SFT	GRUP	SİP-EP	SİN-EP	SİP-EN	SİN-EN	SİP-S
VC	SİN-EP	0,144	-	-	-	-
	SİP-EN	0,009	0,327	-	-	-
	SİN-EN	0,007	0,292	0,921	-	-
	SİP-S	0,000	0,003	0,015	0,021	-
	SİN-S	0,000	0,023	0,106	0,129	0,509
FVC	SİN-EP	0,206	-	-	-	-
	SİP-EN	0,014	0,302	-	-	-
	SİN-EN	0,019	0,348	0,919	-	-
	SİP-S	0,000	0,001	0,007	0,006	-
	SİN-S	0,000	0,011	0,060	0,052	0,513
FEV ₁	SİN-EP	0,640	-	-	-	-
	SİP-EN	0,003	0,016	-	-	-
	SİN-EN	0,004	0,019	0,957	-	-
	SİP-S	0,000	0,000	0,029	0,027	-
	SİN-S	0,018	0,057	0,779	0,816	0,030
PEF	SİN-EP	0,144	-	-	-	-
	SİP-EN	0,000	0,000	-	-	-
	SİN-EN	0,035	0,000	0,046	-	-
	SİP-S	0,000	0,000	0,138	0,001	-
	SİN-S	0,122	0,003	0,035	0,697	0,001
FEV ₁ /VC	SİN-EP	0,012	-	-	-	-
	SİP-EN	0,122	0,000	-	-	-
	SİN-EN	0,350	0,000	0,476	-	-
	SİP-S	0,581	0,002	0,318	0,722	-
	SİN-S	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000
FEV ₁ /FVC	SİN-EP	0,116	-	-	-	-
	SİP-EN	0,018	0,000	-	-	-
	SİN-EN	0,016	0,000	0,923	-	-
	SİP-S	0,361	0,011	0,147	0,129	-
	SİN-S	0,001	0,081	0,000	0,000	0,000

Yaş, boy ve BMI' ne göre düzeltme yapıldıktan sonra S-E grupları arasındaki farklar devam etti (Tablo 13). Bu sonuçlara göre sigara ve egzersiz durumuna bakmaksızın tüm sporcuların VC ve FVC si sedanterlerinkinden, SİPEP' in VC ve FVC si egzersiz yapmayanlar ve sedanterlerinkinden büyüktü. Egzersiz yapanların (hem sigara içen hem de içmeyen) FEV₁ ve PEF' i egzersiz yapmayanlar ve sedanterlerin FEV₁ ve PEF değerlerinden yüksekti. Sigara içen sedanter grubunun FEV' i diğer tüm gruplarinkinden küçük bulundu. Antrenman özellikleri aynı olanlar (antrenman yapan sporcular, antrenman yapmayan sporcular ve sedanterler) arasında sigara içmeyenler

sigara içenlere göre daha büyük PEF' e sahipti. Sigara içmeyen sedanterler ve SİNEP' in FEV₁/VC ve FEV₁/FVC' si diğer gruplarınkinden daha yüksekti.

Tablo 13. Sporcularda egzersiz+ sigara gruplarına ait ANCOVA testi sonuçları

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	df	F	p
Düzeltilmiş Model	VC	101,5	8	89,84	0,000
	FVC	100,7	8	98,51	0,000
	FEV ₁	72,7	8	91,66	0,000
	PEF	373,2	8	32,93	0,000
	FEV ₁ /VC	2911,5	8	11,27	0,000
	FEV ₁ /FVC	2732,5	8	10,55	0,000
Yaş	VC	27,0	1	191,05	0,000
	FVC	26,7	1	209,17	0,000
	FEV ₁	24,9	1	250,71	0,000
	PEF	123,9	1	87,48	0,000
	FEV ₁ /VC	549,7	1	17,03	0,000
Boy	FEV ₁ /FVC	575,4	1	17,77	0,000
	VC	21,0	1	148,78	0,000
	FVC	20,6	1	161,47	0,000
	FEV ₁	9,9	1	99,90	0,000
	PEF	17,1	1	12,06	0,001
BMI	FEV ₁ /VC	108,1	1	3,35	0,069
	FEV ₁ /FVC	204,8	1	6,32	0,013
	VC	0,7	1	4,62	0,033
	FVC	0,3	1	2,66	0,105
	FEV ₁	0,4	1	4,10	0,045
Grup	PEF	0,2	1	0,13	0,715
	FEV ₁ /VC	11,9	1	0,37	0,544
	FEV ₁ /FVC	16,4	1	0,51	0,478
	VC	3,9	5	5,57	0,000
	FVC	4,9	5	7,69	0,000
	FEV ₁	4,4	5	8,78	0,000
	PEF	97,4	5	13,75	0,000
FEV ₁ /VC	1723,2	5	10,68	0,000	
FEV ₁ /FVC	1389,3	5	8,58	0,000	

TARTIŞMA

Yaşın etkisi

Solunum fonksiyonlarının yaşla azaldığını bildiren çok sayıda çalışma vardır ¹⁻³.
⁷. Bu çalışmada da, toplam denek grubunda yapılan anova testinde yaş grupları arasında solunum parametreleri açısından anlamlı farklar bulundu. Boy, BMI, paketyıl ve şimdiki egzersiz durumuna göre düzeltme yapıldıktan sonra da bu farklar devam etti. Ortalama VC, FVC, FEV₁, PEF, FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerlerinin yaş arttıkça giderek azaldığı bulundu. Sporcular ve sedanterler ayrı ayrı incelendiğinde de benzer bulgular elde edildi. Poulin ve arkadaşları ⁶⁹, 5 yıllık yaş gruplarına ayırdıkları yaşlı erkeklerde (55-85 yaş) 75-79 ve 80-86 yaş gruplarının ortalama FVC değerlerini 55-59 ve 60-64 yaş gruplarının FVC değerlerinden anlamlı olarak düşük buldular. 70-74, 75-79 ve 80-86 yaş gruplarının ortalama FEV₁ değerleri de 55-59 ve 60-64 yaş gruplarınınkinden anlamlı olarak düşüktü. Pathak ve arkadaşları ⁷⁰, boya göre ayarlanmış VC (VC/boy) değerlerini 60-64 yaş grubunda 13,79 ml, 65-69 yaş grubunda 12,97 ml, 70-74 yaş grubunda 12,50 ml ve 75 ve üstü yaş grubunda 11,91 ml buldular. Beklenenin yüzdesi FEV₁ (%FEV₁) değerleri aynı yaş gruplarında sırasıyla, 73,7, 70,8, 68,5 ev 67,3 idi. Bir başka çalışmada, ortalama FVC, FEV₁, FEV₁/FVC ve PEF değerlerinin en küçük yaş grubunda (35-45 yaş) en yüksek, en büyük yaş grubunda (65-75) ise en düşük olduğu bildirildi ¹.

Regresyon analizi sonuçları da, SFT ile yaş arasında anlamlı ilişkiler ortaya koydu. Toplamda, sporcularda ve sedanterlerde (FEV₁/VC ve FEV₁/FVC dışında) tüm solunum parametreleri yaşla birlikte azalma gösterdi. Sparrow ve arkadaşları ⁷¹, 21-80 yaşlarındaki sigara içen ve içmeyen erkeklerde FVC ve FEV₁ değerlerinin yaşla negatif ilişkili olduğunu bildirdi. Bir başka çalışmada, FVC, FEV₁ ve FEV₁/FVC' nin 25

yaşından sonra giderek azaldığı bulundu ⁷². 65 yaş ve yukarısı erkeklerde yapılan bir çalışmanın sonuçları da FVC ve FEV₁ değerlerinin yaşla negatif ilişkili olduğunu ortaya koydu ⁸.

VC ve güçlü ekspirasyon ile ilgili fonksiyonlar (FVC, FEV₁ ve ekspiratuvar akım hızları) yaşla birlikte giderek azalır. Bu azalma pulmoner sistemin yapısındaki yaşla ilişkili değişikliklere bağlıdır. Bu değişiklikler; akciğerlerin elastik geri çekilmesinde azalma, göğüs duvarında sertleşme ve solunum kaslarının zayıflamasıdır ^{13, 73}. Soluk verme sırasında, akciğerlerin geri çekilmesiyle oluşan basınç, havayolu içi basıncının önemli bir belirleyicisidir. Bu yüzden yaşla geri çekilmeye azalma hava yollarının daha yüksek akciğer hacimlerinde kapanmasıyla sonuçlanır. Bu da güçlü ekspirasyon sırasında hava akımını kısıtlayarak havanın içerde tutulmasına neden olur ⁹. Yaşlanmayla vücut yağı artarken, kas kitlesi ve gücü azalır. Bu değişiklikler de yaşla akciğer fonksiyonlarındaki azalmaya katkıda bulunabilir ^{74, 75}. Solunum kas gücünün özgün göstergesi olan maksimal ekspirasyon (PE max) ve inspirasyon basınçlarının (PI max) yaşla azaldığı bildirilmiştir ⁷⁶. Solunum kas gücündeki bu azalma 30-40 yaşlarında başlamaktadır ³.

Poulin ve arkadaşları ⁶⁹, 58 yaştan 83 yaşa kadar FVC' nin 27.7ml/hızla %23 ve FEV₁' in 24,5 ml/yıl hızla %25 azaldığını buldu. Chan ve Welsh ⁷⁷, bir derleme yazısında, bir çok çalışmanın ortalama sonucu olarak erkeklerde FEV₁' in yılda 30 ml azalma gösterdiğini, FVC' deki azalma hızının ise 14-30 ml/yıl olduğunu bildirdiler. Bu çalışmada egzersiz yapmayan ve sigara içmeyen deneklerde yıllık azalma hızı FVC için 57,6 ml, FEV₁ için 54,6 ml bulundu. Diğer çalışmalarda bulunan FVC ve FEV₁' deki yıllık azalma hızının bu çalışmada bulunan değerlerden çok düşük olmasının bir nedeni deneklerin fiziksel aktivite düzeyi olabilir. Dinamik solunum fonksiyonları solunum

kaslarının gücüyle doğru orantılıdır ^{13, 78}. Kas gücü antrenmanla ilişkili olduğu için, sporun iskelet kaslarını ve dolayısıyla solunum kaslarını güçlendirdiği ve yaşla ortaya çıkan güç kaybını önlediği bildirilmiştir ^{79, 80}. Biz SFT' deki azalma hızına egzersiz yapmayan deneklerde baktık. Poulin ve arkadaşlarının çalışmasında ⁶⁹, deneklerin fiziksel aktivite durumlarından bahsedilmemiş. En azından bir kısmı aktif bireyler olabilir.

İkinci bir neden deneklerin beslenme durumlarındaki fark olabilir çünkü solunum kas gücü beslenmeyle ilişkilidir ³. Enright ve arkadaşları ⁴, PE max ve PI max' in yağsız vücut kütlesiyle ilişkili olduğunu gösterdi. Yaşlı erkeklerde yapılan bir çalışmada, ortalama yağsız vücut kütlesi en düşük olan grubun en düşük FVC ve FEV₁ ortalamasına sahip olduğu bulundu ²¹. İlave olarak, antioksidant vitaminlerin tüketilme miktarı ile SFT arasında da ilişkiler gösterilmiştir ^{81 - 83}. Carey ve arkadaşları ⁸⁴, 18-73 yaşları arasındaki deneklerde, taze meyve tüketimindeki değişikliğin yaşla FEV₁' deki değişiklik ile pozitif ilişkili olduğunu bildirdiler. 7 yıllık bir süre içinde meyve tüketimini çok azaltanların FEV₁' i hiç değiştirmeyenlere göre çok daha hızlı bir azalma gösterdi. 6186 denekte yapılan bir çalışmada, en az günde 1 kez, haftada 1-6 kez ve ayda 1-3 kez meyve yiyenlerin ortalama FEV₁' i hiç meyve yemeyen veya nadir yiyenleriyle karşılaştırıldığında, sırasıyla, 132, 100 ve 63 ml daha yüksekti ⁸⁵. Keever ve arkadaşları ⁸⁶, diyetle yüksek miktarda vitamin C alınmasının erişkinlerde akciğer fonksiyonlarındaki kayıp hızını azaltabileceğini ileri sürdüler. Nitekim, 71-93 yaşlarındaki erkeklerde yapılan başka bir çalışmada, vitamin A, C, E veya multivitamin alanların ortalama FVC ve FEV' leri hiç vitamin almayanlarınkinden anlamlı olarak daha yüksek bulundu ¹⁹.

Boyun etkisi

Boy, akciğer hacmi ile diğer herhangi bir antropometrik faktörden çok daha yakın ilişkilidir. Boy ve yaş akciğer fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan regresyon eşitliklerinde hemen her zaman kullanılan bağımsız değişkenlerdir. Boy yaşla azalır. Aynı yaştaki bireyler arasında boydaki farklar akciğer büyüklüğünde farklılara yol açsa da, yaşa bağlı boy azalması SFT üzerine direkt etkiye sahip değildir ⁷⁴. Bu çalışmanın sonuçları VC, FVC, FEV₁ ve PEF' in boy ile pozitif ilişkili; FEV₁/VC ve FEV₁/FVC' nin ise negatif ilişkili olduğunu ortaya koydu. Bu bulgular farklı yaş ve ırklardaki deneklerde elde edilenlerle benzerlik göstermektedir ⁸⁷⁻⁸⁹. Enright ve arkadaşları ⁹⁰, 65-85 yaşlarındaki deneklerde boyun FVC ve FEV₁ ile pozitif, FEV₁/FVC ile negatif ilişkili olduğunu bildirdiler.

BMI' nin etkisi

Collins ve arkadaşları ¹⁸, orta derecede obes olan erkeklerin (ortalama yaş 33.7 ± 1.4), obes olmayan erkeklere (ortalama yaş 35.9 ± 1.8) göre anlamlı olarak daha düşük ortalama FVC ve FEV₁ değerlerine sahip olduğunu buldu. Ayrıca obes olmayanlarda FVC ve FEV₁ ile vücut yağ yüzdesi arasında anlamlı negatif korelasyon bulundu. Bir çalışmada, vücut kitlesinde ortalama 1 kg lık değişmeye, FVC de ortalama (standart hata) olarak $21.1^{2,5}$ ve FEV₁ de 17.6^2 mililitrelik ters bir değişme iştirak ettiği bildirildi ¹². Wang ve arkadaşları ⁹¹, çelik işçilerinde yaptıkları bir çalışmada kilo almanın kilo almayanlardakine göre FVC, FEV₁ ve FEV₁/FVC de daha hızlı bir azalmaya neden olduğunu bildirdi. Bu çalışmada toplam denekte, karıştırıcı faktörler (boy, yaş, paket yıl, şimdiki egzersiz durumu) dikkate alınarak yapılan regresyon analizi BMI ve VC arasında anlamlı negatif bir ilişki ortaya koydu. Dinamik solunum

fonksiyonları (FVC, FEV₁, FEV₁/VC, FEV₁/FVC ve PEF) ise BMI ile anlamlı ilişki göstermedi.

Ancak, sigara içme hem solunum fonksiyonları hem de şişmanlık ölçütleri ile ilişkili olduğu için, bu ilişkileri karıştırabilir. Burchfiel ve arkadaşları¹⁹, paket yıla göre düzeltme yapıldıktan sonra bile sigaranın solunum fonksiyonları üzerinde karıştırıcı etkisi kalabileceğini bildirdiler. Nitekim, adı geçen çalışmada, karıştırıcı faktörler (boy, yaş, paket yıl gibi) dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, tüm deneklerde (n= 2.658) supskapular deri kalınlığı ile FVC ve FEV₁ arasında ilişki bulamazken, sadece sigara içmeyenler incelendiğinde FEV₁ ile negatif ilişki buldu. Biz de sigara içmeyenlerde regresyon analizi yaptığımızda, VC' nin yanısıra FVC ve FEV₁' in de BMI ile negatif ilişkili olduğunu saptadık (VC için t = - 2,23, p < 0,05; FVC için t = - 2,13, p < 0,05; FEV₁ için t = 2,14, p < 0,05).

Vücut yağı ile solunum fonksiyonları arasındaki negatif ilişki, bölgesel yağ toplanmasının solunum fonksiyonları üzerine mekanik etkilerinden kaynaklanabilir²⁰. Nitekim, zorlu ekspiratuvar fonksiyonların göğüs ve karın bölgesinde biriken yağ miktarı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir¹¹. Yine supskapular deri kalınlığının yaşlı erkeklerde (71-93 yaş) FVC ve FEV₁ ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur¹⁹. Benzer ilişki 18-30 yaş grubu erkeklerde de gösterilmiştir⁹². Lazarus ve arkadaşları⁹³ da, 30-59 yaşları arasında FVC ve FEV₁' in subscapular deri kalınlığı ile negatif ilişkili olduğunu ancak 60-79 yaşları arasında anlamlı bir ilişkinin bulunmadığını bildirmişlerdir. Üst vücut bölgesindeki yağlanma solunum kasları üzerindeki yükü artırabilir¹⁹. Büyük bir karın yağ kitlesi zorlu inspirasyon sırasında diafragmanın aşağıya çekilmesini geciktirebilir. Göğüs etrafındaki kalın bir derialtı yağ tabakası göğüs duvarı ve akciğer parankimi arasındaki elastik geri çekilme dengesinde bir

değişikliğe veya göğüs duvarı kompliyansında değişikliklere yol açabilir²⁰. İlave olarak şişmanlığın küçük hava yollarında daralma yapabileceği ileri sürülmüştür⁹⁴.

Literatürde FEV₁ ile şişmanlık indeksleri arasında ilişki bulunmadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır^{13, 21}. Amara ve arkadaşları¹³, 55-86 yaş arası erkeklerde BMI, vücut yağ yüzdesi ve subskapular deri kalınlığı ile FEV₁ arasında anlamlı ilişki bulamadılar. Düşük kalorili diyet uygulanarak kilo verdirilen yaşlı erkeklerde (46-80 yaş), diyet öncesi değerlere göre kilo %11, yağ yüzdesi %21, bel çevresi %8 ve yağsız vücut kitlesi %3 azalırken, FVC %3 arttı; FEV₁ ve FEV₁/FVC de ise anlamlı değişiklik olmadı⁹⁴. Diğer taraftan, Santana ve arkadaşları²¹, 67-78 yaşlarındaki erkeklerde, vücut yağı yüzdesi ve yağ kitlesi ile FVC arasında negatif ilişki, FEV₁/FVC ile pozitif ilişkili buldular, ancak FEV₁ ile ilişki yoktu. Benzer olarak, Lazarus ve arkadaşları⁹³, 30-79 yaşlarındaki deneklerde yaptıkları bir çalışmada, BMI' nin FVC ile 40-69 yaşları arasında negatif ilişkili, FEV₁/FVC ile tüm yaş gruplarında pozitif ilişkili olduğunu, FEV₁ ile anlamlı ilişki göstermediğini bildirdiler.

Bu karıştırıcı sonuçlar, çalışmalarda yer alan deneklerin obezite düzeyleri ile ilgili olabilir. Aşırı şişman olmayanlarda şişmanlığın diyafram ve göğüs duvarı üzerindeki mekanik etkileri ortaya çıkmamış olabilir¹³. Ek olarak BMI şişmanlığın ideal bir göstergesi değildir. Büyük denek sayısına sahip bir çok çalışmada BMI ile vücut yağ yüzdesi iyi korelasyon gösterse de, özellikle kas kitlesi büyük olan kişilerde de BMI yüksek bulunur⁹³.

Sigaranın etkisi

Sigaranın yaşlılarda akciğer fonksiyonlarını bozduğunu bildiren çok sayıda çalışma vardır^{13, 7, 17, 8}. Hatta sigaranın SFT üzerindeki olumsuz etkileri genç yaşlarda bile ortaya çıkmaktadır^{92, 95, 96}. Dahası, yaşla SFT deki azalma sigara içenlerde

içmeyenlere göre daha erken yaşlarda başlar¹⁶ ve sigara içenlerde daha hızlı gelişir^{2,97}. Sandvik ve arkadaşları¹⁷, 40-59 yaşlarındaki sağlıklı erkeklerde FEV₁'deki yaşa bağlı azalmanın içenler arasında içmeyenlerdekine göre daha hızlı olduğunu ve bu durumun yaş ve fiziksel inaktiviteden bağımsız olarak gerçekleştiğini bildirdiler. Sigarayı bırakmanın azalmayı yavaşlattığı da rapor edilmiştir⁹⁸.

Bu çalışmada, sigara içmeyenlerin (SİG 0) ortalama VC ve FVC değerleri hem az sigara içen (paketyıl ≤ 20 ; SİG 1) hem de çok sigara içenlerin (paketyıl > 20 ; SİG 2) ortalama VC ve FVC değerlerinden anlamlı olarak daha yüksek bulundu (VC için SİG 1' den fark $p < 0,01$, SİG 2' den fark $p < 0,005$; FVC için SİG 1' den fark $p < 0,05$, $p < 0,005$). SİG 0, SİG 2' ye göre daha yüksek ortalama FEV₁ ve PEF değerlerine sahipti ($p < 0,001$). SİG 0' in ortalama FEV₁/VC değeri SİG 1 ve SİG 2' nin FEV₁/VC' sinden (sırasıyla $p < 0,005$, $p < 0,001$), FEV₁/FVC değeri ise sadece SİG 2' nin FEV₁/FVC' sinden anlamlı olarak yüksekti ($p < 0,05$). Amara ve arkadaşlarının¹³, 55-86 yaşlarındaki erkeklerde yaptıkları bir çalışmada, sigara içmeyenlerin ortalama FEV₁ değerleri içenlerinkinden daha yüksekti. Benzer bir sonuç 16-74 yaşları arasındaki deneklerde de bildirildi¹⁴. Tockman ve arkadaşları¹⁵, 35-65 yaşları arasındaki erkeklerde, her yaş grubunda (35-44, 45-54, 55-65) sigara içenlerin FEV₁/VC' sinin içmeyenlerinkinden daha düşük olduğunu buldu. Diğer taraftan VC ve FVC de içenlerde daha düşük olmakla birlikte bu farklar anlamlı değildi.

Diğer taraftan, sigaranın solunum fonksiyonları üzerindeki olumsuz etkisi doza bağımlıdır^{99,100}. Paket yıl miktarı arttıkça FEV₁'deki azalmanın hızlandığı rapor edildi^{101,102}. Benzer olarak, Lange ve arkadaşları¹⁰⁰, sigarayı bırakmanın, hatta gençlerde sigara sayısını azaltmanın solunum fonksiyonları açısından faydalı olduğunu bildirmişlerdir. Nitekim Sparrow ve arkadaşları⁷¹, 21-80 yaşları arasındaki erkeklerde

yaptıkları bir çalışmada, sigara içmeyenlerin ortalama FVC ve FEV₁ değerlerinin, sigarayı içmeyi bırakan veya sürdürenlerin değerlerinden anlamlı olarak yüksek olması yanında, sigarayı bırakanların da içmeyi sürdürenlere göre daha yüksek değerlere sahip olduklarını buldular. Bu çalışmada da, SİG 1, SİG 2' ye göre daha yüksek ortalama VC, FVC, FEV₁ ve PEF değerlerine sahipti (tüm farklar için p< 0,001). Woo ve Pang¹⁰³, sağlıklı yaşlı Çinlilerde, sigara içenlerin ortalama FEV₁ değerinin sigarayı bırakanlardan daha yüksek olduğunu, içmeyenlerle ise aralarında anlamlı fark bulunmadığını bildirdi. Bu sonuçları, akciğer fonksiyonları kötü olanların ileri yaşlara kadar yaşayamamasına ve böylece sigara içmekle birlikte fonksiyonları iyi olanların hayatta kalmasına bağladılar. Ek olarak, bu çalışmada paket yıl ile FEV₁, PEF ve FEV₁/VC arasında çok önemli negatif ilişkiler vardı. Literatürde benzer çalışmalar bulunmaktadır. Burchfiel ve arkadaşları¹⁹, sigaranın FEV₁ ile negatif ilişkili FVC ile ilişkili olmadığını bildirdi. Kuperman ve Riker¹⁰⁴, sigaraya maruz kalma (paket yıl) arttıkça FVC' nin değişmediğini ancak FEV₁/VC' de azalma olduğunu buldu. Ancak FEV₁' in yanısıra FVC ile sigara yılı arasında da ters ilişki olduğunu bildiren araştırmacılar da vardır^{73, 97, 105}.

Sigara akciğerlerde iki fizyopatolojik işleme yol açar. Birincisi akciğer parankiminin proteolitik yıkımıdır, ki bu hava boşluklarının kalıcı genişlemesiyle (amfizem) ve buna bağlı akciğer elastik toplanmasında kayıpla sonuçlanır. İkincisi periferik havayollarının inflematuvar daralmasıdır, ki bu ödem, aşırı mukus salgılanması ve periferik hava yollarının fibrozisi ile karakterizedir¹⁰⁶. Böylece sigara içenlerde hava yolu resistansı artar. Bu onların ekspirasyon sırasında daha uzun süre harcamalarına neden olur³.

Egzersizizin etkisi

Genç erişkinlerde, fiziksel aktivitenin solunum fonksiyonları üzerine olumlu etkileri olduğunu bildiren çok sayıda çalışma vardır ^{22, 23, 107, 108}. Farklı branşlarda (atletizm, badminton, basketbol, boks, kriket, futbol, jimnastik, hokey, yüzme, masa tenisi, voleybol, halter ve güreş) yer alan antrenmanlı sporcular ve sedanterlerin akciğer fonksiyon testleri sonuçlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, sporcuların VC (basketbol, boks, kriket, futbol, hokey ve masa tenisi), MVV (atlet, badminton ve futbol dışında tüm branşlar) ve FEV₁/FVC (futbol, hokey, yüzme ve voleybol) değerleri normal sedanter kontrollerinkinden daha yüksekti ¹⁰⁹. Hintli sporcular (futbol, hokey, voleybol, basketbol ve yüzme) ve kontrollerde yapılan bir çalışmanın sonuçları, kontrollerle karşılaştırıldığında tüm sporcuların daha yüksek FVC, FEV₁ ve PEF değerlerine sahip olduğunu gösterdi ²⁵. Hintli üniversiteli basketbolcuların FVC, FEV₁, MVV, MEF_R, PEF_R değerleri, aynı yaş grubu sağlıklı Hintlilerle karşılaştırıldığında, anlamlı olarak daha yüksek bulundu ¹¹⁰. Bu çalışmada, tüm spor gruplarının ortalama VC (boksörler dışında) ve FVC değerleri sedanterlerinkinden yüksek bulundu. Diğer taraftan, sedanterlerin ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC' si güreşçiler dışında diğer spor gruplarının değerlerinden yüksekti. Yaş, boy, BMI, şimdiki egzersiz durumu ve paket yıla göre düzeltme yapıldıktan sonra grup farkı hepsinde devam etti. Spor grupları arasında SFT açısından anlamlı fark bulunmadı.

Ağır egzersiz (uzun mesafeli koşular gibi) sırasında metabolizmanın çok artması atmosferden aktif dokulara etkili O₂ taşınmasını gerektirir ²⁴. Yüksek aerobik kapasiteye sahip sporcular büyük vital kapasiteye sahiptirler ¹¹¹⁻¹¹⁴. Schoene ve arkadaşları ¹¹², çeşitli atletizm branşlarında yer alan elit erkek ve bayan atletlerde yaptıkları çalışmada şu sonuçları elde ettiler: Erkek atletler arasında orta ve uzun mesafe koşucular ile

yürüyüşçüler sprinterlerden daha büyük FVC' ye sahiptiler. Bayanlarda uzun mesafe koşucuları ile yürüyüşçülerin FVC' leri orta mesafe koşucuları ve sprinterlerinkinden daha büyük bulundu. Ancak literatürde sporun VC' yi etkilemediğini bildiren çalışmalar da vardır. Biersteker ve Biersteker ¹¹⁵ , genç erişkinlerde sporcu olanlar ve olmayanlar arasında VC açısından fark olmadığını bildirdi. Ghosh ve arkadaşları ¹⁰⁹ , basketbol, boks, kriket, futbol, hokey ve masa tenisi oyuncularının ortalama VC değerlerinin sedanterlerinkinden anlamlı olarak büyük olduğunu buldu. Ancak bu çalışmada sporcuların boyları sedanterlerden daha uzundu ve bu farkın boydan mı yoksa egzersizden mi kaynaklandığı araştırılmamıştı. Bertholon ve arkadaşları ¹¹⁶ , farklı branşlarda (kürek, bisiklet, kayak ve yüzme) yer alan genç erişkin ve adölesan sporcularda yaptıkları çalışmada, sadece kürekçilerin kontrollerden daha yüksek VC' ye sahip olduklarını buldular. Ancak 6-8 aylık düzenli antrenman sonrasında hiçbir spor grubunun VC değerlerinde anlamlı artış gözlenmedi.

Acaba, elit sporcuların SFT değerlerinin sporcu olmayanlarinkinden daha yüksek olması, elit düzeyde bir sporcu olması düşünülen adayların yüksek anatomik ve fizyolojik kapasitelere sahip bireyler arasından seçilmesine bağlı olabilir mi? Nitekim, elit yetişkin atletlerin yaptıkları spora uygun fiziksel ve fizyolojik özelliklere sahip olduğu bilinmektedir ¹¹⁷ . Ancak, bu farkların antrenmanın türünden mi kaynaklandığı yoksa bireyin kendi fiziksel ve fizyolojik özelliklerine uygun spor dalını seçmesine mi bağlı olduğu açık değildir. Tamamen önceden seçime bağlayan araştırmacılar olmasına rağmen ^{117, 118, 119} , önceden seçim ve antrenmanın birlikte etkilemesi daha olası gözükmektedir ^{120, 121} .

Bu çalışmada, sedanterlerin sporculara göre daha yüksek ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerlerine sahip olmalarına açıklama getirmek zordur. Ancak sedanterlerin

VC değerlerinin diğerlerine göre küçük olması ve bu yüzden zorlu ekspirasyonun 1. saniyesinde bunun büyük bir kısmını çıkarabilmeleri oranları yükseltmiş olabilir.

Şimdiki egzersiz durumuna göre denekleri gruplandırdığımızda (sedanter, Grup 0 = egzersiz yapmayan sporcu, Grup 1 = haftada iki saat ve daha az egzersiz yapan sporcular, Grup 2 = haftada iki saatten fazla egzersiz yapan sporcular), sedanterlerin diğer gruplardan, Grup 0'ın Grup 1 ve 2' den daha düşük ortalama VC ve FVC değerlerine sahip olduğu bulundu. Sedanterlerin ve Grup 0'ın ortalama FEV₁ ve PEF değerleri grup 1 ve 2' ninkilerden anlamlı olarak küçüktü. Grup 0, sedanterler ve Grup 1 ve 3' e göre daha düşük ortalama FEV₁/VC ve FEV₁/FVC değerlerine sahipti. Yaş, boy, BMI ve paket yıla göre düzeltme yapıldıktan sonra grup farkları devam etti. Bu sonuçlar şu andaki egzersiz durumunun SFT üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Hagberg ve arkadaşları¹²², yaşlı atletlerin (uzun mesafe koşucuları) (65±3 yaş) aynı yaş grubu sedanterlerden (66±5 yaş) anlamlı olarak daha yüksek %VC ve % FEV₁ değerlerine sahip olduğunu bildirdiler. Johnson ve arkadaşları¹⁰, yaşlı sporcularda (ortalama haftada 20 mil yürüyor veya koşuyorlardı) %FEV₁ ve %Vmax50 ile VO₂max arasında pozitif ilişki buldular. Bunun fiziksel uyumlu deneklerde ekspiratuvar hava akımının daha büyük olduğuna işaret ettiğini ileri sürdüler. Ayrıca bu çalışmada, fiziksel uyumu en iyi olanların (VO₂max= 50 ml/kg/dak) FEV₁' i en az olanlarınkinden (VO₂max= 35 ml/kg/dak) anlamlı olarak büyük bulundu, VC' de ise fark yoktu.

Regresyon analizinde de şimdiki egzersiz durumu ile VC, FVC, FEV₁ ve PEF arasında anlamlı pozitif ilişkiler bulunurken, FEV₁/VC ve FEV₁/FVC ile ilişki yoktu. Farklı yaş gruplarındaki (sırasıyla 18-30, 16-74 ve 71-93) erkeklerde fiziksel aktivitenin FVC ve FEV₁ ile pozitif ilişkili olduğu bildirildi^{14, 19, 92}. Cook ve arkadaşları¹²³, 65-105

yaşlarındaki erkek ve kadın hastalarda fiziksel aktivite ile PEF_R arasında güçlü ilişkili buldu. Orta ve uzun mesafe koşucuları ve uzun mesafe yürüyüşçülerinde yapılan bir başka çalışmada da, orta ve yüksek derecede antrenmanın en azından yaklaşık 60 yaşına kadar akciğer fonksiyonlarındaki (FVC, FEV₁, FEV₁/FVC) yaşa bağlı azalmayı önleyebileceği bildirildi²⁶.

Sigara ve egzersiz durumuna göre denekler gruplara ayrıldığında, sigara ve egzersiz durumundan bağımsız olarak tüm sporcuların VC ve FVC' si sedanterlerinkinden, sigara içen antrenmanlı sporcuların VC ve FVC' si egzersiz yapmayan sporcular ve sedanterlerinkinden büyüktü. Egzersiz yapanların (hem sigara içen hem de içmeyen) FEV₁ ve PEF' i egzersiz yapmayanlar ve sedanterlerin FEV₁ ve PEF değerlerinden yüksekti. Pelkonen ve arkadaşları⁹, 25 yıl takip ettikleri deneklerde, düşük, orta ve yüksek aktivite düzeyine sahip olanların FEV₁' deki ortalama yıllık azalma hızlarını sırasıyla (44,4 ml/yıl, 40,5 ml/yıl ve 36,5 ml/yıl) buldular. Fiziksel aktivitenin FEV₁' deki azalmayı geciktirici etkisi hem sigara içenler hem de içmeyenlerde gözlemlendi.

Egzersiz ile SFT arasındaki pozitif ilişki, antrenmanın sadece iskelet ve kalp kasını geliştirmeyip, aynı zamanda inspirasyon ve ekspirasyon kaslarını da geliştirmesine bağlı olabilir. FEV₁, hem ekspirasyon ve hem de inspirasyon kaslarının gücünü yansıtır. FEV₁ manevrası maksimal inspirasyonda yapılır. Bu yüzden, inspirasyon kaslarının, göğüs duvarının geniş yüzey alanı üzerindeki atmosfer basıncını ve akciğerlerin elastik toplanma gücünü yenmesi gerekir^{13, 20}. Öte yandan, FEV₁ manevrasının sonunda elde edilen akciğer hacim seviyesi ekspirasyon kaslarının gücüyle ilişkilidir¹³. FEV₁ manevrası sırasında, havanın dışarı çıkması, akciğerlerin büzülmesi ve plevral basınç tarafından oluşturulan bir itme gücüyle sağlanır.

Akciğerlerin büzülmesi kendi entrensek elastik özelliklerine ve aktif ekspirasyon sırasında göğüs kafesi tarafından üzerlerine uygulanan basınca bağlıdır ¹²⁴. Ekspirasyon kaslarının kasılması intratorasik basıncı artırır, akciğer hacmini azaltır ve ekspirasyon akımını kolaylaştırır ¹²⁵. Dolayısıyla, fiziksel aktivitenin kas gücünü artırmak suretiyle FVC, FEV₁ ve PEF gibi efora bağımlı dinamik solunum fonksiyonlarını pozitif yönde etkilemesi kuvvetle olasıdır.

Genç sporcularda antrenmanın VC de fazla değişiklik yapmaksızın ekspirasyon gücünü artırdığı bildirildi ^{126, 127}. Nitekim erkek milli yüzücüler ile milli olmayan yüzücüler arasında bulunan FEV₁ farkının milli olanlarda solunum kaslarının artmış gücüne bağlı olabileceği ileri sürüldü ¹²⁶. Yine üst vücut kaslarının gücü ile yüzme performansı arasında pozitif ilişki olduğu bildirildi ¹¹¹.

Yaşlanma ile solunum kaslarının gücü azalır. Bu azalma 30-40 yaşlarında başlar ³. Yaşlı deneklerde solunum kaslarının gücü ile solunum fonksiyonları arasında ilişki olduğu bildirilmiştir ⁴. Solunum kaslarının gücü genel ^{31, 32}, veya solunum kaslarına yönelik antrenmanlarla ¹²⁸⁻¹³⁰ artırılabilir. O'donnell ve arkadaşları ³³, ileri derecede kronik hava akımı kısıtlaması olan hastalarda (ortalama yaş 69±2) 6 haftalık dayanıklılık egzersizin (yürüme, merdiven çıkma, treadmill) inspirasyon kaslarının gücü ve dayanıklılığını ve ekspirasyon kaslarının gücünü artırdığını buldu. Diğer taraftan, Eastwood ve arkadaşları dayanıklılık antrenmanının solunum kaslarının dayanıklılığını artırdığını ancak gücünü artırmadığını bildirdi ²⁸. Dayanıklılık antrenmanının güç antrenmanıya kombine edilmedikçe solunum kaslarının gücünü artırmadığını bildiren çalışmalar da vardır ^{29, 30}. Ayrıca, dayanıklılık antrenmanlarının solunum kaslarının gücünü artırsa bile SFT üzerine etkisinin olup olmadığı konusu da tartışmalıdır. Etki

olmadığını söyleyen yazarlar olduğu gibi ^{29, 30, 33, 34}, zıt sonuç bildiren yazarlar da mevcuttur ^{31, 32, 35, 131}.

Literatürdeki bu farklılıklar büyük olasılıkla antrenman türü, süresi ve yoğunluğundan kaynaklanmaktadır ^{34, 124}. Üstelik bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu KOAH hastalarında veya sporcu olmayanlarda yapılmıştır. Bizim çalışmamızda geçmişte elit düzeyde spor yapmış ve halen antrenmanlara devam eden sporcular yer almıştır. Hagberg ve arkadaşları ¹²², yaşlı uzun mesafe koşucuları ile aynı yaş grubu sedanterler arasında %VC ve % FEV₁ açısından anlamlı fark bulurken, gençlerde bu farkın olmamasının iki nedenden kaynaklanabileceğini bildirdiler: yaşlıların uzun seneler egzersiz yapmaları ve gençlerde henüz yaşlanmanın etkisinin başlamamış olması. Diğer taraftan antrenmanı bırakan atletlerde etkiler geriye dönmektedir ¹²⁴. Bu çalışmada da FEV₁ ve PEF değerleri egzersiz yapmayan sporcularla sedanterler arasında anlamlı fark göstermezken bu iki grubun ortalama değerleri halen egzersiz yapanlarınkinden anlamlı olarak daha düşüktü.

Sonuçlar

Bu çalışmanın sonuçları diğer çalışmalarda olduğu gibi yaşla SFT' nin azaldığını, sigara içmenin bu olayı olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Yapılan spor türünden bağımsız olarak, geçmişte yapılan antrenmanın dinamik SFT üzerine etkisi yoktur, oysa ki yaşlılıkta antrenmanın sürdürülmesi dinamik SFT' yi artırır. Dahası bu etki sigara içenlerde bile görülür.

KAYNAKLAR

1. Babb TG, Rodarte JR. Mechanism of reduced maximal expiratory flow with aging. *J Appl Physiol.* 2000; 89: 505-11.
2. Griffith KA, Sherrill DL, Siegel EM, Manolio TA et al. Predictors of loss of lung function in the elderly: the Cardiovascular Health Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001; 163: 61-68.
3. Chen HI, Kuo CS. Relationship between respiratory muscle function and age, sex, and other factors. *J Appl Physiol.* 1989; 66: 943-8.
4. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA et al. Respiratory muscle strength in the elderly. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994; 149: 430-438.
5. Sauleda J, Gea J, Orozco-Levi M, et al. Structure and function relationships of the respiratory muscles. *Eur Respir J.* 1998; 11: 906-11.
6. Sobin SS, Fung YC, Tremmer HM. Collogen and elastin fibers in human pulmonary alveolar walls. *J. Appl. Physiol.* 1988; 64: 1659-1675.
7. Frette C, Barrett-Connor E, Clausen JL. Effect of active and passive smoking on ventilatory function in elderly men and women. *Am J Epidemiol.* 1996; 143: 757-765.
8. Higgins MW, Enright PL, Kronmal RA, et al. Smoking and lung function in elderly men and women. The Cardiovascular Health Study. *Jama.* 1993; 269: 2741-8.
9. Pelkonen M, Notkola IL, Lakka T, Tukiainen HO et al. Delaying decline in pulmonary function with physical activity: a 25-year follow-up. : *Am J Respir Crit Care Med.* 2003; 168: 494-9.
10. Johnson BD, Reddan WG, Pegelow DF, et al. Flow limitation and regulation of functional residual capacity during exercise in a physically active aging population. *Am Rev Respir Dis.* 1991; 143: 960-967.

11. Turner JM, Mead J, Wohl ME. Elasticity of human lungs in relation to age. *J Appl Physiol.* 1968; 25: 664-71.
12. Chinn DJ, Cotes JE, Reed JW. Longitudinal effects of change in body mass on measurements of ventilatory capacity. *Thorax.* 1996; 51: 699-704.
13. Amara CE, Koval JJ, Paterson DH, Cunningham DA. Lung function in older humans: the contribution of body composition, physical activity and smoking. *Ann Hum Biol.* 2001; 28: 522-36.
14. MacAuley D, McCrum E, Evans A, et al. Physical activity, physical fitness and respiratory function- exercise and respiratory function. *Ir J Med Sc.* 1999; 168: 119-123.
15. Tockman M, Menkes H, Cohen B, et al. A comparison of pulmonary function in male smokers and nonsmokers. *Am Rev Respir Dis.* 1976; 114: 711-22.
16. Tager IB, Segal MR, Speizer FE, Weiss ST. The natural history of forced expiratory volumes. Effect of cigarette smoking and respiratory symptoms. *Am Rev Respir Dis.* 1988; 138: 837-49.
17. Sandvik L, Erikssen G, Thaulow E. Long term effects of smoking on physical fitness and lung function. *BMJ.* 1995; 311: 715-718.
18. Collins LC, Hoberty PD, Walker JF, et al. The effect of body fat distribution on pulmonary function tests. *Chest.* 1995; 107: 1298-302.
19. Burchfiel CM, Enright PL, Sharp DS, et al. Factors associated with variations in pulmonary function among elderly Japanese-American men. *Chest.* 1997; 112: 87-97.
20. Lazarus R, Gore CJ, Booth M, Owen N. Effects of body composition and fat distribution on ventilatory function in adults. *Am J Clin Nutr.* 1998; 68: 35-41.
21. Santana H, Zoico E, Turcato E, et al. Relation between body composition, fat distribution, and lung function in elderly men. *Am J Clin Nutr.* 2001; 73: 827-31.

22. De AK, Dasgupta PK, Panda BK, Bhattacharya AK. Physical efficiency tests on Indian male "Kabaddi" inter-university players. *Br J Sports Med.* 1982; 16: 33-36.
23. Watson AW. Physical and fitness characteristics of successful Gaelic footballers. *Br J Sports Med.* 1995; 29: 229-231.
24. Lakhera SC, Mathew L, Rastogi SK, Sen-Gupta, J. Pulmonary function of indian athletes and sportsmen comparison with American athletes. *Ind J Physiol Pharmac.* 1984; 28: 187-194.
25. Mehrotra PK, Varma N, Tiwari S, Kumar P. Pulmonary functions in Indian sportsmen playing different sports. *Ind J Physiol Pharmacol.* 1998; 42: 412-416.
26. Pollock ML, Mengelkoch LJ, Graves JE et al. Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J Appl Physiol.* 1997; 82: 1508-16.
27. Mc Cleran SR, Babcock MA, Pegelow DF longitudinal effects of aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *J Appl Physiol.* 1995; 78: 1957-1968.
28. Eastwood PR, Hillman DR, Finucane KE. Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology.* 2001; 6: 95-104.
29. Bernard S, Whittom F, Leblanc P, et al. Aerobic and strength training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999; 159: 896-901.
30. Ortega F, Toral J, Cejudo P, et al. Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166: 669-674
31. Alfaro V, Torras R, Prats MT, et al. Improvement in exercise tolerance and spirometric values in stable chronic obstructive pulmonary disease patients after an

- individualized outpatient rehabilitation programme. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996; 36: 195-203.
32. Gimenez M, Servera E, Vergara P, et al. Endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a comparison of high versus moderate intensity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81:102-9.
33. O'Donnell DE, McGuire M, Samis L, et al. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 157: 1489-1497.
34. Robinson EP, Kjeldgaard JM. Improvement in ventilatory muscle function with running. *J Appl Physiol*. 1982; 52: 1400-6.
35. Casaburi R, Porszasz J, Burns MR, et al. Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997; 155: 1541-51.
36. Vogiatzis I, Williamson AF, Miles J, et al. Physiological response to moderate exercise workloads in a pulmonary rehabilitation program in patients with varying degrees of airflow obstruction. *Chest*. 1999; 116: 1200-7.
37. Günay M. Egzersiz fizyolojisi. Bagırgan Yayınmevi Ankara. 1998; 129-130
38. Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology, Tercüme: Çakar L. Tıbbi fizyoloji. Tavaslı Matbaacılık İstanbul, Nobel tıp kitapçıları, 1996: 477-532, 1067.
39. Sevim Y. Antrenman bilgisi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 2002: 370.
40. Fahri D., Yücel BD. Spor eğitimi için fonksiyonel anatomi. Adana: Okullar Pazarı Kitapevi, 1994: 205-210.
41. Odar V. Anatomi ders kitabı. Ankara: Yenidesen Ltd. Ticaret Şirketi Matbaası, 1986: 200-223.

42. Hatipoğlu MT. Anatomi ve fizyoloji. Ankara: Hatipoğlu Yayınları, 1994: 144-154.
43. Solomon EP. Introduction to human anatomy and physiology. Çeviri: Süzen LB. İnsan anatomisi ve fizyolojisine giriş. Birol Basın Yayın Dağıtım, 2000: 199-204.
44. Tortora GJ, Anagnostakos NP. Principles of anatomy. New York: Harper & Row, Publishers, 1987: 556-557.
45. Noyan F. Fonksiyonel anatomi. İstanbul: Sanal matbaacılık, 1982: 86-87.
46. Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH. Gray's anatomy. Norwich: Jarrold Printing, 1989: 1249-1250.
47. Ganong WF. Review of medical physiology. Çeviri Ed: Ayşe Doğan. Tıbbi Fizyoloji. İstanbul: Barış Kitabevi, 1995: 697-716.
48. Bullock J, Boyle J, Wang MB. Physiology. Çeviri Ed: Hariri N. Fizyoloji. İzmir: Saray Tıp Kitabevleri, 1994: 149.
49. Noyan A. Yaşamda ve hekimlikte fizyoloji. Ankara: Meteksan Anonim Tic.San. Ltd.Şirketi. 1996: 499-510.
50. Morehouse LE, Miller AT. Physiology of exercise. Çeviri Ed. Akgün N. Bornova, Ege Üniversitesi Matbaası, 1973: 124-125.
51. Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. Eur Respir J. 1999; 13: 197-205.
52. Brandstetter RD, Kazemi H. Aging and the respiratory system. Medical Clinics of North America. 1983; 67: 419-431.
53. Zaugg M, Lucchietti E. Respiratory function in the elderly. Geriatric Anesthesia. 2000; 18: 47-55.

54. Gillooly M, Lamb D. Airspace size in lung of lifelong non-smokers: effect of age and sex. *Thorax* .1993; 48: 39-43.
55. Dow L, Tracey M, Villar A, et al. Does dietary intake of vitamins C and E influence lung function in older people? *Am J Respir Crit Care Med*.1996; 154: 1401-1404.
56. Niewoehner DE, Kleinerman J. Morphologic basis of pulmonary resistance in the human lung and effects of aging. *Journal of Applied Physiology*. 1974; 36; 412-418.
57. Tabak C, Smit HA, Räsänen L. Dietary factors and pulmonary function: a cross sectional study in middle aged men from three European countries. *Thorax*.. 1999; 54: 1021-1026
58. Gerard JT, Nicholas PA. *Principles of Anatomy*. New York: Harper International Edition, 1987: 556-557.
59. Enright PL, Kronmal RA, Higgins M, et al. Spirometry reference values for women and men 65 to 85 years of age. *Cardiovascular health study*. *Am Rev Respir Dis*. 1993; 147: 125-33
60. Andaç SO. *Fizyoloji*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 1977: 724-726.
61. American Thoracic Society. Cigarette smoking and health. *Am. Rev. Respir*.1996; 861-865.
62. Kerstjens HAM, Rijcken B, Schouten JP et al. Decline of FEV₁ by age and smoking status: facts, figures, and fallacies. *Thorax*. 1997; 52: 820-827.
63. Scanlon PD, Connett JE, Waller LA et al. Smoking cessation and lung function in mild-to-moderate chronic obstructive pulmonary disease. *The Lung Health Study*. : *Am J Respir Crit Care Med*. 2000; 161: 381-90.
64. Ross GL. *The irreversible health effects of cigarette smoking*. The American Council on Science and Health. 1998.

65. Beck GJ, Doyle CA, Schachter EN. Smoking and lung function. *Am Rev Respir Dis.* 1981; 123: 149-55.
66. Fox. Bowers. Fors. The physiological basis of physical education and athletics. Tercüme: Cerit, M. *Beden eğitimi ve sporun fizyolojik temelleri.* Ankara: Ofset Fotomat, 1999: 177-189.
67. Zorba E. *Fiziksel uygunluk.* Ankara: Spor Eğitimi Daire Başkanlığı Yayınevi, 1999: 250.
68. Kalyon TA. *Spor hekimliği.* Ankara: Gata Basımevi, 1995: 28-30.
69. Poulin MJ, Cunningham DA, Paterson DH, Rechnitzer PA et al. Ventilatory response to exercise in men and women 55 to 86 years of age. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994; 149: 408-15.
70. Pathak JD, Mehrotra PP, Joshi SV, Shah AH. Pulmonary functions of the elderly Indian subjects: trends of decline with age. *Indian J Physiol Pharmacol.* 1989; 33: 157-62.
71. Sparrow D, Glynn RJ, Cohen M. et al The relationship of the peripheral leukocyte count and cigarette smoking to pulmonary function among adult men. *Chest.* 1984; 86: 383-386.
72. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis.* 1983; 127: 725-34.
73. Xu X, Li B, Wang L. Gender difference in smoking effects on adult pulmonary function. *Eur Respir J.* 1994; 7: 477-83.
74. Fowler RW. Ageing and lung function. *Age Ageing.* 1985; 14: 209-15.
75. Rode A, Shephard RJ. The ageing of lung function. *Eur Res J.* 1994; 7: 1653-1659.

76. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969; 99: 696-702.
77. Chan ED, Welsh CH. Geriatric respiratory medicine. *Chest.* 1998; 114: 1704-33.
78. Mizuno M, Secher NH, Saltin B. Fibre types, capillary supply and enzyme activities in human intercostal muscles. *Clin Physiol.* 1985; 5:121-35.
79. Coast JR, Clifford PS, Henrich TW, et al. Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22: 811-815.
80. O'Donnell DE, McGuire M, Samis L, Webb KA. The impact of exercise reconditioning on breathlessness in severe chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995; 152: 2005-13.
81. Gilliland FD, Berhane KT, Li YF, Gauderman WJ, McConnell R, Peters J. Children's lung function and antioxidant vitamin, fruit, juice, and vegetable intake. *Am J Epidemiol.* 2003; 158: 576-84.
82. Strachan DP, Cox BD, Erzinclioglu SW, Walters DE, Whichelow MJ. Ventilatory function and winter fresh fruit consumption in a random sample of British adults. *Thorax.* 1991; 46: 624-9.
83. Grievink L, Smit HA, Ocke MC, van 't Veer P, Kromhout D. Dietary intake of antioxidant (pro)-vitamins, respiratory symptoms and pulmonary function: the MORGEN study. *Thorax.* 1998; 53: 166-171.
84. Carey IM, Strachan DP, Cook DG. Effects of changes in fresh fruit consumption on ventilatory function in healthy British adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998; 158: 728-33.

85. Kelly Y, Sacker A, Marmot M. Nutrition and respiratory health in adults: findings from the health survey for Scotland. *Eur Respir J*. 2003; 21: 664-71.
86. McKeever TM, Scrivener S, Broadfield E, Jones Z, Britton J, Lewis SA. Prospective study of diet and decline in lung function in a general population. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 165: 1299-303.
87. Jinping Z, Nanshan. Normative values of pulmonary function testing in chinese adults. *Chinese Medical Journal*. 2002; 115: 50-54.
88. Schmidt CD, Dickman ML, Gardner RM, et al. Spirometric standards for healthy elderly men and women. *Am Rev Respir Dis*. 1973; 108: 933-939.
89. Ayub M, Zaidi SH, Burki NK. Spirometry and flow-volume curves in healthy, normal Pakistanis. *Br J Dis Chest*. 1987; 81:35-44.
90. Enright PL, Arnold A, Manolio TA, et al. Spirometry reference values for healthy elderly blacks. The Cardiovascular Health Study Research Group. *Chest*. 1996; 110: 1416-24.
91. Wang ML, McCabe L, Peterson EL, et al. Weight gain and longitudinal changes in lung function in steel workers. *Chest*. 1997; 111: 1526-32.
92. Higgins M, Keller JB, Wagenknecht LE, et al. Pulmonary function and cardiovascular risk factor relationships in black and in white young men and women. The CARDIA Study. *Chest*. 1991; 99: 315-22.
93. Lazarus R, Sparrow D, Weiss ST. Effects of obesity and fat distribution on ventilatory function: the normative aging study. *Chest*. 1997; 111: 891-898.
94. Womack CJ, Harris DL, Katznel LI, et al. Weight loss, not aerobic exercise, improves pulmonary function in older obese men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000; 55: M 453-57.

95. De AK, Tripathi MM. Smoking and lung functions in sportsmen. *Br J Sports Med.* 1988; 22: 61-63.
96. York EL, Jones RL. Effects of smoking on regional residual volume in young adults. *Chest.* 1981; 79: 12-15.
97. Xu X, Dockery DW, Ware JH. et al. Effects of cigarette smoking on rate of loss of pulmonary function in adults. *Am Rev Respir Dis.* 1992; 146: 1345-1348.
98. Anthonisen NR, Connett JE, Murray RP. Smoking and lung function of Lung Health Study participants after 11 years. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166: 675-679.
99. Camilli AE, Burrows B, Knudson RJ. Longitudinal changes in forced expiratory volume in one second in adults. Effects of smoking and smoking cessation. *Am Rev Respir Dis.* 1987; 135: 794-799.
100. Lange P, Groth S, Nyboe GJ, et al. Effects of smoking and changes in smoking habits on the decline of FEV₁. *Eur Respir J.* 1989; 2: 811-6.
101. Burrows B, Knudson RJ, Cline MG, et al. Quantitative relationships between cigarette smoking and ventilatory function. *Am Rev Respir Dis.* 1977; 115:195-205.
102. Beck GJ, Doyle CA, Schachter EN. Smoking and lung function. *Am Rev Respir Dis.* 1981; 123: 149-55.
103. Woo J, Pang J. Spirometry in healthy elderly Chinese. *Thorax.* 1988; 43: 617-20.
104. Kuperman AS, Riker JB. The variable effect of smoking on pulmonary function. *Chest.* 1973; 63: 655-60.
105. Twisk JW, Staal BJ, Brinkman MN, et al. Tracking of lung function parameters and the longitudinal relationship with lifestyle. *Eur Respir J.* 1998; 12: 627-34.

106. Joos L, He JQ, Shepherdson MB, et al. The role of matrix metalloproteinase polymorphisms in the rate of decline in lung function. *Hum Mol Genet.* 2002; 11: 569-576.
107. MacAuley D, McCrum E, Evans A, Stott G, Boreham C, Trinick T. Physical activity, physical fitness and respiratory function -exercise and respiratory function. *Ir J Med Sci.* 1999; 168: 119-123.
108. Elif Akkuş. Farklı branşlarda yer alan sporcular ve sedanterlerde dinamik akciğer fonksiyon testlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum, 2002.
109. Ghosh AK, Ahuja A, Khanna GL. Pulmonary capacities of different groups of sportsmen in India. *Br J Sports Med.* 1985; 19: 232-4.
110. De AK, Bhattacharya AK, Panda AK, Das Gupta PK. Respiratory performance and grip strength tests on the basketball players of inter-university competition. *Ind J Physiol Pharmacol* 1980; 24: 305-309.
111. Mehrotra PK, Verma N, Yadav R, Tewari S, Shukla N. Study of pulmonary functions in swimmers of Lucknow city. *Ind J Physiol Pharmacol.* 1997; 41: 83-86.
112. Schone RB, Giboney K, Schimmel C et al. Spirometry and airway reactivity in elite track and field athletes. *Clin J of Sports Med.* 1997; 7: 257-261.
113. Courteix D, Obert P, Lecoq AM, Guenon P, Koch G. Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistance and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997; 76: 264-269.
114. Vander AJ, Sherman JH Luciano DS. *Human physiology.* New York: McGraw-Hill Inc, 1994: 331.
115. Biersteker MWA, Biersteker PA. Vital capacity in trained and untrained healthy young adults in the Netherlands. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1985; 54: 46-53.

116. Bertholon JF, Carles J, Teillac A. Assessment of ventilatory performance of athletes using the maximal expiratory flow-volume curve. *Int J Sports Med.* 1986; 7: 80-5.
117. Baxter-Jones ADG, Helms P, Maffulli N, Baines-Preece JC, Preece M. Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study. *Ann Hum Biol.* 1995; 22: 381-394.
118. Baxter-Jones ADG, Thompson AM, Malina RM. Growth and maturation in elite young female athletes. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2002; 10: 42-49.
119. Bencke J, Damsgaard R, Saekmose A, Jorgensen P, Jorgensen K, Klausen K. Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sport.* 2002; 12: 171-178.
120. Hagerman FC, Eddington WW, Gaensler EA. Severe steady state at sea level and altitude in olympic oarsmen. *Med Sci Sports.* 1975; 7: 275-279.
121. Hagberg JM, Yerg JE 2nd, Seals DR. Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *J Appl Physiol.* 1988; 65: 101-105.
122. Cook NR, Evans DA, Scherr PA et al. Peak expiratory flow rate in an elderly population. *Am J Epidemiol.* 1989; 130: 66-78.
123. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Exercise training in KOAH patients: the basic questions. *Eur Respir J.* 1997; 10: 2884-91.
124. Weiner P, Magadle R, Beckerman M, et al. Specific expiratory muscle training in KOAH. *Chest.* 2003; 124: 468-73.

125. Doherty M, Dimitriou L. Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and sedentary controls using allometric scaling. *Br J Sports Med.* 1997; 31: 337-341.
126. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol.* 1976; 41: 508-516.
127. Weiner P, Magadle R, Beckerman M, et al. Comparison of specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in KOAH. *Chest.* 2003; 124: 1357-64.
128. Amonette WE, Dupler TL. The effects of respiratory muscle training on VO₂ max, the ventilatory threshold and pulmonary function. 2002; 5: 29-35.
129. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol.* 1976; 4: 508-16.
130. Ramirez-Venagas A, Ward JL, Olmstead EM, et al. Effect of training on dyspnea measures in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil.* 1997; 17: 103-109.
131. Yerg JE, Seals DR, Hagberg JM, et al. Effect of endurance exercise training on ventilatory function in older individuals. *J Appl Physiol.* 1985; 58: 791- 794.