JCEI /
Journal of Clinical and Experimental Investigations

2014; 5 (3): 424-428
doi: 10.5799/ahinjs.01.2014.03.0432

ÖZGÜN ARAŞTIRMA / ORIGINAL ARTICLE

KOAH'lı hastalarda egzersiz kapasitesi ve dinamik hiperinflasyonun değerlendirilmesi

Evaluation of dynamic hyperinflation and exercise capacity in patients with COPD

Erkan Ceylan

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı KOAH'lı ve sağlıklı olgularda egzersize yanıt olarak dinamik hiperinflasyondaki değişiklikleri araştırmaktır.

Yöntemler: Bu çalışmada, istirahat spirometrik ölçümlerinde kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) olan hastalar ile sağlıklı bireylerin egzersiz kapasiteleri karşılaştırıldı. Stabil KOAH'lı olgularla sağlıklı olgular, egzersiz kapasiteleri ve dinamik hiperinflasyon açısından karşılaştırıldı.

Bulgular: Çalışmaya 19 KOAH'lı ve 13 sağlıklı birey alındı. KOAH'lı grupta egzersizde hiperinflasyon parametrelerindeki değişiklikleri gösterebilmek amacıyla istirahatte ve maksimum egzersizde inspiratuar kapasite (IC) ve end-ekspiratuar akciğer volümleri (EELV) ölçüldü. KOAH'lı olgular ile kontrol grubu arasında maksimum dakika ventilasyonu, maksimum oksijen tüketimi ve solunum paterni, solunum rezervi, egzersiz süresi yönünden anlamlı farklılık vardı ($p<0,05$). Hiperinflasyon değerlendirmesinde KOAH'lı olgularda maksimum egzersizde istirahate göre IC'nin belirgin azaldığı, EELV'nin ise arttığı gözlendi ($p<0,05$).

Sonuç: KOAH'lı olguların egzersiz kapasitelerinin, sağlıklı olgulara göre belirgin azaldığı, egzersizi kısıtlayan dinamik hiperinflasyonun istirahate oranla özellikle egzersizle geliştiği gösterildi. KOAH'lı olgularda hiperinflasyonun, istirahatte yapılan ölçümlere göre kardiyopulmoner egzersiz testleriyle daha iyi değerlendirilebileceği görüşüne varıldı.

Anahtar kelimeler: KOAH, kardiyopulmoner egzersiz testi, hiperinflasyon

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to investigate changes in dynamic hyperinflation in response to exercise in patients with COPD and healthy individuals.

Methods: In this study, resting in the spirometric measurements, exercise capacity of patients with chronic obstructive pulmonary diseases (COPD) compared with healthy individuals. Exercise capacity of COPD patients and healthy controls were performed and were compared in terms of dynamic hyperinflation.

Results: Patients with stable COPD (n=19) and healthy controls (n=13) were included. Subjects performed pulmonary function tests and an incremental exercise test on cycle ergometry (Inspiratory capacity (IC), end expiratory lung volume (EELV)). Statistically significant differences ($p<0.05$) were found regarding exercise test parameters including exercise duration, maximum oxygen uptake, breathing reserve, maximum minute ventilation, and breathing pattern between groups. There was significant increase in EELV ($p<0.05$) and decrease in IC ($p<0.05$) at maximum exercise when hyperinflation parameters were compared at baseline and maximum exercise.

Conclusion: Hyperinflation was evident at maximal exercise, although there were no hyperinflation findings at rest in subjects with COPD. It was concluded that it is better to evaluate hyperinflation at maximal exercise than at rest in patients with COPD. *J Clin Exp Invest 2014; 5 (3): 424-428*

Key words: COPD, cardiopulmonary exercise testing, hyperinflation

GİRİŞ

Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), morbidite ve mortalitenin en önemli nedenlerindendir. KOAH'lı olgularda egzersiz kapasitesinin azalması yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olgulardaki solunumun kısıtlanması, egzersiz kapasitesini kısıtlayan en önemli faktörlerden biridir [1].

Egzersiz toleransında azalma ve fonksiyonel bozulma kronik solunum hastalıklarının sık rastlanılan sonuçlarıdır. Bu güne kadar yapılan birçok ça-

Medeniyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları AD, İstanbul, Türkiye

Correspondence: Erkan Ceylan,
Medeniyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları AD, İstanbul, Türkiye Email: drerkanceylan@yahoo.com

Received: 09.06.2014, Accepted: 29.06.2014

Copyright © JCEI / Journal of Clinical and Experimental Investigations 2014, All rights reserved

lışmada egzersiz eğitiminin dispneyi azalttığı, fonksiyonel kapasite, günlük yaşam aktivite düzey ve kalitesinde artış sağladığı gösterilmiştir [2-5]. İşte bu nedenlerle egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi ve egzersiz eğitimi multidisipliner pulmoner rehabilitasyon programlarının en önemli komponentlerini oluşturmaktadır.

Egzersizde solunum kısıtlanması, ölü boşluk hacminin artışı, pik ventilasyonun düşük oluşu, dinamik hiperinflasyon ve tidal volümün artamayışı sonucu meydana gelir [2]. Egzersiz testi, KOAH'lı olgularda fonksiyonel bozulmayı gösteren en iyi testlerden biridir. KOAH'lı olgularda hiperinflasyon, istirahatte solunum fonksiyon testleri (SFT)'nde rezidüel volüm (RV), fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC) ve total akciğer kapasitesi (TLC)'nde artış ile görülebilmektedir [3]. KOAH'da hiperinflasyonun egzersizde arttığı, istirahatte hiperinflasyonu olan olgularda egzersizde inspiratuar kapasite (IC)'nin azaldığı ve ekspiryum sonu akciğer volümünün (EELV) arttığı gösterilmiştir[4,5]. Çalışmamızda, istirahat spirometrik ölçümlerinde hiperinflasyonu olmayan KOAH'lı olgular ile sağlıklı bireylerin egzersiz kapasitelerinin karşılaştırılması ve KOAH'lı olgularda egzersize yanıt olarak dinamik hiperinflasyondaki değişiklikler araştırıldı.

YÖNTEMLER

Çalışmaya polikliniğimize başvuran, tedavisi başlanmamış 19 KOAH'lı hasta (E=15, K=4) alındı. Hastaların KOAH tanı ve sınıflandırması Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) kriterlerine göre yapıldı [6]. Olgu seçiminde olguların klinik olarak stabil olmaları ve FEV1/FVC oranı %75'in altında olması şartı arandı. Hastalarımızda FEV1 beklenen değerin %30-80'i arasında, FEV1/FVC 0.7'nin altındaydı. GOLD sınıflamasına göre hastaların %73,7 (n=14)'si evre II, %26.3 (n=4)'ü evre III olarak değerlendirildi. Hastalarda hiperinflasyon varlığı TLC, FRC ve RV sonuçlarına göre değerlendirildi. Astım, atopi ya da diğer egzersiz kapasitesini etkileyecek sistemik hastalığı olan olgular, bir ay içinde miyokard infarktüsü geçiren, kalp yetmezliği, kardiyak aritmisi olan, son altı haftada üst solunum yolu infeksiyonu geçiren hastalar ve bisiklet ergometrisine uyum sağlayamayan hastalar, romatolojik ve nöromusküler sistem hastalığı olanlar çalışmanın dışında tutuldu. FEV1 %30'un ve PaO_2 40mmHg'nin altında olanlarda çalışma dışı bırakıldılar. Kontrol grubu olarak herhangi bir akciğer ve diğer sistem hastalığı olmaya, sigara kullanmayan 13 sağlıklı olgu alındı. Çalışma için Harran Üniversitesi etik kurulundan onay alındı ve çalışmaya katılan hastalara hazırlanmış olan hasta bilgilendirme formu okutuldu ve imzalı onayları alındı.

Solunum fonksiyon testi

Spirometrik ölçüm manevraları tüm hastalara aynı teknisyen tarafından anlatıldı ve uygulandı. Ölçümler ERS standartlarına uygun yapıldı [7]. Tüm olgulara FVC, FEV1, FEV1/FVC, IC, TLC, FRC, RV ölçümleri yapıldı. Hastalara uygulanan testler ZAN 530 Body pletismography cihazı (nSpire Health Inc., Germany) ile yapıldı.

Egzersiz testi

Çalışmamıza katılan hastalara bisiklet ergometrisi ile semptom ya da maksimum kalp hızı sınırlı egzersiz testi (ZAN® 500 Cardiopulmonary Exercise Test, 12-lead ECG, Germany) yapıldı. Hastalar testten en az iki saat öncesinde yemek yememesi, çay, kahve, kolalı içecekler içmemeleri konusunda bilgilendirildi. Kardiyopulmoner egzersiz testleri (KPET) her gün 15.00-16.00 arası yapıldı. Hastalara üç dakikalık bazal periyod ve üç dakikalık ısınma periyodu sonrası pedallara 15 watt/dakika artan iş yükü uygulanarak basamaklı artan egzersiz testi uygulandı [8]. Test hasta semptomlarına bağlı olarak sonlandırıldı (nefes darlığı, göğüs ağrısı, bacak ağrısı, bacak yorgunluğu). İşlem sırasında hastaların EKG, kan basıncı ve oksijen satürasyonu monitörize edildi. Maksimum ulaşılan iş yükü olarak hastaların en az 20 saniye dayanabildikleri en yüksek iş yükü watt olarak kaydedildi. Test sırasında IC değerleri bazal periyod, ısınma periyodu ve maksimum egzersizde hastaların VT sonunda derin nefes alması istenerek ölçüldü, EELV değeri ise istirahatteki TLC'den IC değeri çıkarılarak hesaplandı [9,10] Test sırasında bazal periyod, ısınma periyodu ve iş yükü uygulanan dönemde maksimum oksijen tüketimi (VO_2max), pik CO_2 çıkışı (PCO_2), gaz değişim oranı (VCO_2/VO_2), dakika ventilasyonu (VE), tidal volüm (TV), solunum sayısı (f), inspirasyon süresi (Ti), inspiratuar süre/total nefes süresi (Ti/Ttot), IC, EELV ve test sonunda da hastaların testi sonlandırma nedenleri kaydedildi. Elde edilen metabolik değerler Jones'un referans değerleri ile karşılaştırıldı [11].

İstatistiksel analiz

İstatistiksel değerlendirmeler için SPSS 10.0 programı kullanıldı. Grupların ortalama değerleri ve standart sapma değerleri hesaplandı. Gruplar arasındaki farklılık için bağımsız Student's t-testi kullanıldı. $p<0,05$ anlamlı kabul edildi. KOAH'lı olgularda

egzersiz testi sırasında ölçülen dinamik hiperinflasyon parametrelerini karşılaştırmak için tekrarlı ölçüm varyans analizi kullanıldı. Hiperinflasyon parametreleri ve VO_2max, egzersiz süresi ve maksimum iş yükü arasındaki korelasyon Pearson korelasyon analizi ile hesaplandı.

BULGULAR

On dokuz KOAH'lı olgu ile 13 sağlıklı kontrol olgusunun demografik verileri ve SFT sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir. KOAH'lı olgular ile kontrol grubu arasında yaş ve vücut kitle indeksi (VKİ) açısından anlamlılık yoktu. Hasta seçim kriterlerine bağlı olarak FEV1, FEV1/FVC ve FVC değerleri KOAH'lı grupta belirgin olarak düşük, hiperinflasyon parametreleri olan FRC, TLC ve RV değerleri ise normaldi (KOAH'lı olgularda TLC: %88,15±16,43; FRC: %95,36±23,18; RV: %98,36±25,18].

KPET sonuçları karşılaştırıldığında KOAH'lı olguların ulaştıkları maksimum iş yükü ve egzersiz süresi sağlıklı olgulara göre anlamlı olarak düşüktü (p<0,05 ve p<0,05) (Tablo 2). Bu olgularda maksimum kalp hızına ulaşımda kontrol olgularına göre anlamlı fark bulunmazken (p>0,05), maksimum egzersizde pik oksijen tüketimi (p<0,001) ve oksijen sunumu (p<0,001) kontrol grubuna göre anlamlı olarak düşüktü. KOAH'lı olgular ile kontrol grubunun AT'ye ulaşıldığındaki oksijen tüketimlerini karşılaştırdığında, her iki grupta AT/VO_2 değeri normaldi. MVV, TV ve f değeri pik egzersizde ve istirahatte iki grup arasında istatistiksel anlamlılık gözlenmezken, solunum rezervi ve VEmax değeri KOAH'lı grupta istatistiksel olarak anlamlı düşüktü (p<0,05) (Tablo 2, 3). KOAH olgularında ve sağlıklı olgularda KPET sırasında bazal periyoda göre pik egzersizde yapılan TV, VE, f, IC, EELV değerlerindeki artış oranları karşılaştırıldı. TV, VE, f'nin pik egzersizde bazal periyoda göre, her iki grupta da arttığı, ancak TV (kontrol grubu: 181,2±63,22; KOAH'lı olgular: 112,1±32,4, p<0,001) ve VEmax artışının iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı ve (kontrol grubu: 458,7±182,1, KOAH'lı olgular: 261,2±143,1, (p<0.001) KOAH'lı olgularda kontrol grubuna göre daha az f'nin ise (kontrol grubu: 179,48±44,6; KOAH'lı olgular: 196.66±41.8, p<0.05) daha fazla olduğu gözlendi. KOAH olgularında IC'de belirgin azalma (bazal IC: 2,14±0,61L, ısınma IC: 2,03±0,44L, pik IC: 1,92±0,44L), EELV'de artma (bazal EELV: 0,82±0,.38L, ısınma EELV: 0,85±0,46L, pik EELV: 1,06±0,48L) görüldü. Buna karşılık kontrol grubunda pik egzersizde bazal egzersize göre IC'de artma (bazal IC: 2,19±0,45L, ısınma IC: 2,22±0.65 L, pik IC: 2,68±0,46L), EELV'de ise azalma olduğu (bazal EELV: 0,82 ± 0,38 L, ısınma EELV: 0,81± 0,66 L, pik EELV: 1,06 ±0,48 L) görüldü. KPET sırasında hasta ve sağlıklı grubun solunum paternleri karşılaştırıldığında ise her iki grupta da Ti'nin egzersizle kısaldığı (KOAH'lı olgularda bazal Ti: 1,16±0,29, pik Ti: 0,81±0,23; sağlıklı olgularda bazal Ti: 1,23±0,31, pik Ti: 0,83±0,22 saniye), Ti/Ttot'un ise iki grupta da arttığı görüldü ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildi (KOAH'lı olgularda bazal Ti/Ttot: 29,18±4,16, pik Ti/Ttot: 44,65±4,33; sağlıklı olgularda bazal Ti/Ttot: 33,41±4,71, pik Ti/Ttot: 45,83±4,39 görüldü). KOAH'lı olgularda pik egzersizde IC, VO_2max, egzersiz süresi ve maksimum iş yükü arasındaki korelasyona bakıldı. IC ile VO_2max (r=0,759, p<0,01) ve egzersiz süresi (r=0,781, p<0,01) arasında; VO_2max ile egzersiz süresi (r=0,539, p<0,01) ve maksimum iş yükü (r=0,219, (p<0,01) arasında korelasyon saptandı.

Tablo 1. Olguların demografik ve istirahat solunum fonksiyon testleri değerleri

Parametreler	KOAH (n=19)	Kontrol (n=13)	p
Cinsiyet (E/K)	15/4	10/3	
Yaş (yıl)	57,64±11,45	56,32±12,44	AD
VKİ (kg/m^2)	25,38±1,18	26,11±1,29	AD
FEV_1 (%)	55,48±10,28	103,33±16,16	<0,001
FEV_1/FVC (%)	56,18±11,08	80,11±6,87	<0,001
FVC (%)	78,45±10,41	91,43±8,83	AD
MVV (L/dk)	60,49±15,32	72,86±16,26	AD

*VKİ: Vücut kitle indeksi, AD: Anlamlı değil (p>0,05)

Tablo 2. Olgulara ait egzersiz test sonuçları.

Parametreler	KOAH (n=19)	Kontrol (n=13)	p
VO_2 ml/kg/dk (%)	62,41±11,45	99,21±14,27	<0,05
İş yükü (watt)	94,51±29,22	109,62±36,41	<0,05
AT/VO_2 (%)	44,42±11,21	71,18±21,11	<0,05
Kalp hızı (%)	84,61±14,33	101,24±14,28	AD
O_2 sunumu(5)	57,14±19,23	95,52±18,45	<0,05
SR (L/dk)	8,45±20,41	20,43±8,83	<0,05
VEmax (L/dk)	48,21±11,44	61,08±20,47	<0,05
Egzersiz süresi (dk)	4,95±2,32	7,86±4,26	<0,05

VO_2 mL/kg/dk(%): oksijen tüketimi. AT/VO_2 (%): Anaerobik eşiğe ulaşmadaki O_2 tüketimi.

SR (L/dk): Solunum rezervi. VEmax (L/dk): Maksimal egzersizdeki dakika ventilasyonu, AD: Anlamlı değil (p>0,05)

Tablo 3. Olguların bazal ve pik egzersiz testi sonuçlarının karşılaştırılması (Ortalama ± standart sapma)

	KOAH'lı olgular (n=19)			Kontrol grubu (n=13)		
	Bazal	Pik	p	Bazal	Pik	p
TV (mL)	666,4±171,8	1445±312,6	AD	671,31±369,34	1716±411,53	<0,05
VE (L/dakika)	11,32±6,23	55,63±14,41	<0,05	12,18±1,44	63,44±21,2	<0,05
f (/dakika)	21,71±4,66	39,73±10,03	AD	18,95±3,12	32,65±4,85	AD
IC (L)	2,14±0,61	1,92±0,44	AD	2,19±0,45	2,68±0,46	AD
EELV (L)	0,82±0,38	1,06±0,48	<0,05	1,31±0,88	1,29±0,48	AD
Ti (saniye)	1,16±0,29	0,81±0,23	AD	1,23±0,31	0,83±0,22	AD
Ti/Ttot	29,18±4,16	44,65±4,33	AD	33,41±4,71	45,83±4,39	AD

VE: Dakika ventilasyonu, TV: Tidal volüm, f: Solunum sayısı, IC: İnspiratuar kapasite, EELV: Ekspiryum sonu akciğer volümü, Ti: İnspirasyon süresi, Ti/Ttot: İnspirasyon süresi/total nefes süresi, AD: Anlamlı değil (p>0,05)

TARTIŞMA

KOAH'da havayolu obstrüksiyonu ve elastik recoildeki azalma nedeniyle ventilatuar kapasitenin azalması, ventilasyon/perfüzyon dengesindeki bozulma nedeniyle gelişen ventilatuar gereksinimlerin artışı ile egzersiz kapasitesi azalmaktadır. Egzersiz testi bu fonksiyonel ve yapısal bozulmayı gösteren iyi bir testtir [12,13].

Çalışmamızda GOLD evre II ve evre III olan 19 KOAH'lı ve 13 sağlıklı kontrol olgusuna istirahat SFT'si ve kardiyopulmoner egzersiz testi yapılarak, KOAH'lı olgularda egzersiz kapasitesi ve dinamik hiperinflasyon parametrelerini araştırdık. Çalışmamızda olgu sayısının azlığı çalışmamızı sınırlandıran neden olarak kabul edildi. Çalışmamızın sonucunda; KOAH'lı olguların egzersiz performanslarının sağlıklı olgulara göre belirgin düşük olduğu; istirahatte hiperinflasyon olmayan KOAH'lı olgularda, egzersiz sırasında erken dönemde ve pik egzersizde dinamik hiperinflasyonun geliştiği gözlendi. KOAH'lı olgularda egzersizde pik oksijen tüketiminde ve oksijen sunumunda azalma gözlenirken, aerobik eşikte oksijen tüketimi genellikle normal kalmaktadır. Çalışmamızda da KOAH'lı olgularda aerobik eşikteki oksijen tüketimi normaldi ancak pik egzersize ulaştıklarında sağlıklı olgulara göre belirgin düşüktü. Sağlıklı olgularda egzersize solunum yanıtı olarak VEmax ve f, artırılarak TV artırılır ve artan oksijen ihtiyacı karşılanır[14]. KOAH'lı olgularda, TV sağlıklı olgulardaki kadar artmamaktadır. Çalışmamızda da KOAH'lı olgularda pik egzersizde oksijen tüketiminde azalma gözlendi. VEmax'ta sağlıklı olgulara göre daha az, f'de ise daha fazla artış gözlendi. VEmax'taki artışın kontrol grubuna göre daha az oluşunun KOAH'lı olgularda MVV değerlerinin de kontrol grubuna göre daha az olmasından kaynaklandığını düşündük. KOAH'lı olgularda TV değerleri istirahatte kontrol grubu ile karşılaştırıldığında fark gözlenmezken, pik egzersizde TV'nin KOAH'lı olgularda istatistiksel olarak anlamlı düşük olduğu gözlendi. Diaz, Akkoca'nın çalışmalarında da benzer sonuçlar gözlenmiştir [15,16]. Çalışmamızda KOAH'lı olgularda istatistiksel olarak anlamlı olmayan egzersizde Ti'de kısalma, Ti/Ttot'da ise artma gözlendi. Ulubay, Akkoca'nın çalışmalarında da benzer sonuçlar gözlenmiştir [5,16]. Bu veriler KOAH'lı olgularda egzersizde artan oksijen ihtiyacını karşılamak için ventilatuar parametrelerin arttığını ancak bu artışın sağlıklı olgulara göre yetersiz olduğunu göstermiştir. KOAH'lılarda ulaşılan pik iş yükü ve egzersiz sürelerinin de kontrol grubuna göre düşük olması, KOAH'da egzersizde artan oksijen ihtiyacının karşılanamamasının nedeni olabileceği düşünüldü.

İstirahat SFT'de hiperinflasyon olan KOAH'lı olgularda egzersizde TLC'nin korunduğu, IC'nin azaldığı, EELV'nin ve TV/IC'nin arttığı; yani dinamik hiperinflasyonun geliştiği birçok çalışmada gösterilmiştir [5,15-18]. Çalışmamıza KOAH'lı olgularda, istirahat SFT'de hava yolu akım parametreleri düşük; TLC, FRC ve RV değerleri normaldi. KPET sırasında KOAH'lı olgularda dinamik hiperinflasyon nedeniyle ısınma sürecinde IC'de azalma olduğu gözlendi. IC'deki azalmanın ve EELV'deki artışın iş yükü artışı ile paralel olduğu ve pik egzersizde daha belirginleştiği gözlendi. Bu olgularda erken egzersiz döneminden başlayarak dinamik hiperinflasyondaki artışın KOAH'lılarda günlük aktiviteler sırasında egzersiz kapasitesini ve yaşam kalitesini azalttığı

sonucuna varıldı. Martin ve arkadaşları da istirahatte hiperinflasyon gelişen olgular bildirilmiştir [18]. KOAH'lı olgularda TV, pik oksijen tüketimi ve dinamik hiperinflasyonun korele olduğu gözlendi. Çalışmamızda KOAH'lılarda egzersize cevap olarak TV'nin ve pik oksijen tüketiminin artmaması dinamik hiperinflasyon gelişmesine bağlandı. Verilerimizin literatürde yapılan istirahat hiperinflasyonu çalışmalarına benzer olduğu gözlendi [5,17,18]. Bazı inhaler ilaçlar dinamik hiperinflasyonu azaltır, bu bağlamda egzersiz testleri bronkodilatör tedavilerin düzenlenmesinde önem kazanır [2,19,20]. KOAH'lı olgularda egzersiz sırasında artan oksijen ihtiyacının karşılanamaması nedeniyle egzersiz kapasitesi sınırlanır. İstirahatte olmayan ve egzersizle ortaya çıkan hiperinflasyon KOAH'da egzersiz kapasitesinin sınırlandıran önemli nedendir. Bu nedenle KOAH'lı olgularda hiperinflasyonu saptamak amacıyla istirahat spirometrik verileri ile birlikte egzersiz testleri de gereklidir.

Sonuç olarak KOAH'lı olgularda hiperinflasyonun egzersiz testleri ile erkenden saptanması ile hastalara daha etkin tedaviler sunulabilir ve yaşam kaliteleri artırılabileceği görüşündeyiz.

KAYNAKLAR

1. O'Donnell DE. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. In: Weissman IM, Zeballos RJ (eds). Cardiovascular and Respiratory System Responses and Limitations to Exercise.Clinical Exercise Testing. Basel: Karger AG, 2002:138-158.
2. O'Donnell DE, Voduc N. Effect of salmeterol on the ventilatory response to exercise in chronic obstructive pulmonary disease. Eur Respir J 2004;24:86-94.
3. Demir T, İkitimur HD. Dinamik hiperinflasyon. Umut S. (editör). Akciğer Fonksiyon Testleri Fizyolojiden Klinik Uygulamaya. İstanbul: 2004:66-71.
4. O'Donnell DE, Revill S, Webb K. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in COPD. Am J Respir Crit Care Med 2001;164:770-777.
5. Ulubay G, Görek A, Savaş Ş ve ark. KOAH'lı olgularda kardiyopulmoner egzersiz testi ile egzersiz kapasitesi ve dinamik hiperinflasyonun değerlendirilmesi. Tüberküloz ve Toraks Dergisi 2005;53:340-346.
6. Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 2007;176:532-555.
7. Quanjer P, Tammeling FJ, Cotes JE, et al. Standardised lung function testing; lung volumes and forced ventilatory flows. Eur Respir J 1993;6:5-40.
8. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation. 3rd ed. Baltimore: A Wolters Kluwer Comp, 1999:10-56.
9. O'Donnell DE, Miu LAM. Measurement of symptoms, lung hyperinflation and endurance during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1998;158:1557-1565.
10. Dolmage TE, Goldstein RS. Repeatability of inspiratory capacity during incremental exercise in patients with severe COPD. Chest 2002;121:708-714.
11. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, et al. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. Am Rev Respir Dis 1985;131:700-708.
12. Pineda H, Haas F, Axen K, et al. Accuracy of pulmonary function tests in predicting exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease. Chest 1984;86:564-567.
13. Covey MK, Larson JL, Alex CG, et al. Test-retest reliability of symptom-limited cycle ergometer tests in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Nurs Res 1999;48:9-19.
14. Gallagher CG. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. Clin Chest Med 1994;305-327.
15. Diaz O, Villafranca C. Breathing pattern and gas exchange at gas exchange in COPD patients with and without tidal flow limitation at rest. Eur Respir J 2001;17:1120-1127.
16. Akkoca Ö, Ferda Ö, Saryal S, ve ark. Hafif ve orta şiddetteki kronik obstrüktif akciğer hastalıklarında egzersiz kapasitesi. Tüberküloz ve Toraks 2001;49:5-12.
17. Gelb AF, Gutierrez CA. Simplified detection of dynamic hyperinflation. Chest 2004;126:1860-1885.
18. Martin JM, Carrizo SJ. Inspiratory capacity, dynamic hyperinflation, breathlessness and exercise performance during the 6-minute- walk test in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 2001;163:1395-1399.
19. O'Donnell DE, Fluge T. Effects of tiotropium on lung hyperinflation, dyspnoea and exercise tolerance in COPD. Eur Respir J 2004;23:832-840.
20. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Spirometric correlates of improvement in exercise performance after anticholinergic therapy in COPD. Am J Respir Crit Care Med 1999;160:542-549.