

Solunum fonksiyon laboratuvarlarının standardizasyonu

Hüseyin Uysal

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, Konya

Amaç: Solunum fonksiyon laboratuvarlarından elde edilen verilerin doğruluğu ve güvenilirliği klinik ve epidemiyolojik araştırmalarda büyük önem taşımaktadır. Bu derlemede solunum fonksiyon laboratuvarlarının standardizasyonunda önemli faktörlerin belirlenmesi amaçlandı. **Ana Bulgular:** Personelin eğitimi, infeksiyon kontrolü ve güvenliği, solunum fonksiyon laboratuvarlarının donanımı ve spirometrik testlerde standardizasyon gibi faktörler sonuçlarda etkilidir. Spirometrik testlerin standardizasyonunda ise cihazların seçilmesi, doğrulanması, cihaz kalite kontrolünün yapılması, deneklerin uygun solunumsal manevralarını yapabilmesi, tahmin edilen değerlerin ve elde edilen sonuçların yorumlanabilmesi gibi değerlendirmeler önem taşımaktadır. **Sonuç:** Bugüne kadar spirometrik testlerle ilgili olarak ülkemize özgü bir yaklaşım ve ülkemizde yaşayanların referans değerleri konusunda ayrıntılı bilgiler oluşturulamamıştır. Bu konuda, yeterli bilimsel çalışmalar yapılarak sorunlara çözüm getirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Solunum fonksiyon laboratuvarı, solunum fonksiyon testleri, standardizasyon

The standardization of pulmonary function laboratories

Objective: Accuracy and reliability of the data obtained from pulmonary function laboratories are very important in clinical and epidemiological studies. In this review, it was aimed to determine the important factors in the standardization of pulmonary function laboratories. **Main Findings:** The factors such as personnel education, infection control and safety, equipment of pulmonary function laboratory and standardization of spirometric tests are efficient in the results. Choosing, verification and quality control of the equipment, ability to make appropriate respiratory maneuver of the subjects and ability to interpret predicted and actual values are important in the standardization of spirometric tests. **Conclusion:** A country specific attitude and detailed reference values about spirometric tests has not been developed in our country. Adequate scientific studies should be done in this topic and problems should be solved.

Key words: Pulmonary function laboratory, pulmonary function tests, standardization

Genel Tıp Derg 2000;10(1):37-42.

20. yüzyılda tıp teknolojisindeki ilerlemeler, teşhis ve tedavide büyük gelişmelere neden olmuştur. Gelişme cerrahi branşlarda daha fazla olmuş, dahili branşlarda biraz geri kalmıştır. Dahiliye, çocuk ve özellikle göğüs hastalıklarında akciğer hastalıklarının teşhisi; anamnez, fizik muayene ve akciğer grafisi ile

yapılırken daha sonra bunlara spirometrik incelemeler (solunum fonksiyon testleri) de dahil olmuştur. (1).

Teknolojideki hızlı gelişmelerle solunum fonksiyonlarını ölçebilen testler daha da geliştirilmiştir. Bu testler, akciğer volüm ve akımlarının çeşitli cihazlar (volüm spirometreleri, akım ölçerler, body pletismografi) ve yöntemler (helyum dilüsyon ve nitrojen yıkama yöntemleri) ile ölçülmesini sağlar (2,3).

Yazışma adresi: Doç.Dr.Hüseyin Uysal, Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, 42080-Konya

Genel Tıp Derg 2000;10(1)

Solunum laboratuvarlarının standardizasyonu-Uysal

Solunum fonksiyon laboratuvarına genel bakış

Solunum fonksiyon laboratuvarının (SFL) esas amacı, solunum fonksiyon testlerinin (SFT) doğru ve zamanında sonuçlanmasını sağlamaktır. Elde edilen bilgiler akciğer hastalıklarının değerlendirilmesinde, patolojik bölgenin belirlenmesinde, hastalığın fizyopatolojik mekanizmalarının açıklanmasında ve hastalık için uygulanan tedaviye verilen cevabın değerlendirilmesinde kullanılır. Laboratuvarında çalışan personelin enfeksiyondan korunması, laboratuvardaki aletlerin kalitesi ve doğru şekilde kullanılması bir SFL'nda dikkat edilmesi gereken önemli hususlardır (1).

Aşağıdaki bilgiler Amerikan Toraks Derneği (ATS) tarafından yayınlanan kriterleri ve açıklamalarını içerir. Bu açıklamalar SFL'nın işletilmesi için uyulacak kuralları gösterir (4,5).

1. Personel

Sürekli eğitim, her düzeydeki personel için esastır. SFL'nda personel şu alt gruplara ayrılır:

- Tıbbi Yönetici,
- Baş Teknisyen (Uzman Şef),
- Teknik Personel (Teknisyen),
- Denetleyici Personel

2. İnfeksiyon kontrolü ve güvenliği

Mikroorganizmaların SFT cihazları aracılığı ile yayılımı konusunda yeterli doküman bulunmamaktadır. SFT cihazlarının akciğer hastalıkları yaydığına dair kanıtlanmış klinik bir çalışma yoktur. Yine de, test sırasında orofarengial bölgelerle ve salgıları ile temas eden kısımların temizlenip dezenfekte edilmesi veya kullanımından sonra atılması gerekir. SFT cihazlarının enfeksiyon kontrolleri hakkında ATS tarafından özel tavsiyeler belirtilmemesine karşın herhangi bir potansiyel riskini en aza indirmek için aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur (1,6):

a) Teknik personel yönünden: SFT yapmadan önce ve test bittikten sonra personelin ellerini yıkaması tavsiye edilir. SFL'nda uygun yıkama imkanları olmalıdır. Rutin el yıkama tekniği, her iki eli en az on saniye süre sabunla iyice yıkamaktır. Bu işlemi, akan suyun altında elleri durulamak takip eder. Bütün

personel hepatit ve HIV gibi mikroorganizmalarla kontakten kaçınmak için eldiven kullanmalıdır.

b) Test cihazları: Ağzılıklar, tüpler, valflar ve hastadan cihaza olan bağlantılar her hastanın kullanımından sonra çıkarılmalı, tamamen temizlenmeli, durulanmalı ve kurulanmalıdır. Ancak birçok laboratuvarında bulaşıcılığa dair bir bulgu bulunmazsa bu önlemler pek ciddiye alınmadan düşük maliyetli çalışmalar ve testler yapılır. Bundan dolayı enfeksiyon kontrolü her laboratuvar tarafından bireysel esaslara göre belirlenmelidir.

c) Güvenirlilik: SFL'ndaki bütün elektrikli araçlar standartlara uygun olmalı ve elektrik kazalarına karşı periyodik olarak kontrol edilmelidir. Elektrikli aletlerin en son yapılan kontrol tarihinin ve bulgularının alet üzerine etiketlenerek kullanılanların bilgilendirilmesi gerekir. İdeal olan bütün personelin kardiyopulmoner resussitasyon için eğitilmesidir.

3. Solunum fonksiyon laboratuvarının donanımı

Spirometrik testler için farklı ölçüm yöntemlerine sahip çok değişik cihazlar geliştirilmiştir (7,8). Bu cihazlar 2 gruba incelenir:

a) Volüm cihazları: Bu cihazlarda, kişinin içine soluduğu boşluktaki değişiklikler kaydedilerek spirometrik değerler ölçülmektedir. Volüm cihazları, kullanılan boşluklara veya bölmelere göre başlıca 3 alt gruba ayrılır: Sulu, kuru ve körüklü spirometreler.

b) Akım cihazları (pnömotakograflar): Bu cihazlar esas olarak hava akımını ölçmektedirler. Ayrıca, akımdan dolayı olarak solunum volümleri de ölçülebilir. Günümüzde akımı ölçmede farklı yöntemler kullanan en az 4 pnömotakograf bulunmaktadır:

- Ayırıcı basınç pnömotakografları
- Sıcak tel pnömotakografları
- Ultrasonik pnömotakografları
- Türbin pnömotakografları

Günümüzde SFL'ndaki aletler ya tamamen bilgisayarlı ya da bilgisayar desteklidir. Bu nedenle aletlerden elde edilen bilgilerin doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirirken kullanılan bilgisayarların makine ve program sistemleri de incelenmelidir (9).

Spirometrik testlerde standardizasyon aşamaları

Günümüzde solunum sistemi hastalıklarının ayırıcı tanısında, prognozun önceden tahmininde, hastalığı veya tedaviye cevabı izlemede, cerrahi işlemlerin veya tedavinin risklerini tahmin etmede, ilaçların istenmeyen yan etkilerini belirlemede ve fonksiyonel bozulmayı tayin etmede SFT giderek artan bir yaygınlıkta kullanılmaktadır (10).

SFL'dan elde edilen verilerin doğru ve güvenilir olması hem klinik çalışmalar hem de epidemiyolojik araştırmalar için büyük önem taşımaktadır. Çünkü; SFT sonuçlarına göre bir bronkodilatatör tedavinin etkili olup olmadığına, steroid tedavisine devam edilip-edilmeyeceğine, kişinin özel bir iş kolunda çalışıp çalışmayacağına veya emeklilik durumuna karar verilebilmektedir. Bu kararlar kişinin tedavisini ve hatta yaşamını etkilemektedir. Benzer durum epidemiyolojik araştırmalar için de geçerlidir. Çeşitli faktörlerin solunum fonksiyonlarına zararlı etkileri ancak doğru bir spirometre ile ve doğru solunumsal manevralarla ölçülebilir (1).

İlk olarak spirometrelerin klinik uygulamalara girişinden yaklaşık 30 yıl sonra, ATS tarafından yayınlanan standardizasyon çalışmaları günümüze kadar yoğunlaşarak devam etmiştir. 1979'da yayınlanan ATS'nin bu spirometri standartları tüm dünyada yaygın kabul görmesine rağmen, sonraki yıllarda yeni verilerin elde edilmesi ve spirometrelerin bilgisayarlarla daha yaygın bir şekilde kullanılması sonucu konunun yeniden gözden geçirilmesine gerek duyulmuş ve 1987 yılında bu kriterler ATS tarafından gözden geçirilerek yeni spirometri standartları yayınlanmıştır (11).

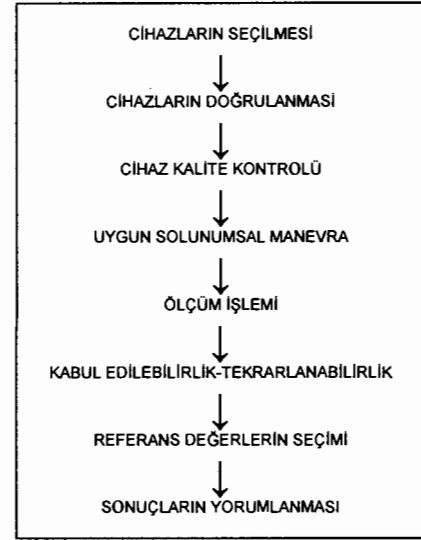
Spirometrelerde test sonuçlarının elde edilmesi belirli aşamalardan geçerek gerçekleşmektedir. Doğru ve güvenilir sonuçların alınabilmesi için bu süreçlerin her birinin standardizasyonu gerekmektedir. Bu süreçler Şekil'de gösterilmiş ve her süreç için önerilen standartlar açıklanmıştır.

1) Cihazların seçilmesi: SFL için cihaz alırken başlıca 3 konuya göre karar verilmesi gerekir:

a) SFL'nın kurulacağı sağlık kuruluşunun büyüklüğüne göre cihaz seçilmelidir.

b) SFL'na alınacak spirometrik cihazlardan doğru bilgiler alabilmek, değişik laboratuvarlarda yapılan

çalışmaların sonuçların ve aynı laboratuvarında değişik zamanlarda elde edilen sonuçların uygunluğunu sağlayabilmek için cihazın ATS standartlarına sahip olması gerekir (11,12).



Şekil. Spirometrik sistemlerde standardizasyon aşamaları

c) Spirometrik ölçümler için volüm cihazları mı yoksa akım cihazları mı tercih edilmelidir? Klinik uygulamalarda volüm cihazları, akım cihazlarına tercih edilmektedir. Çünkü:

(1) Volüm cihazları, akım cihazlarına göre genellikle daha doğru ve kesin sonuçlar vermekte ve daha yüksek doğruluk göstermektedir.

(2) Volüm cihazları çok daha az bakım gerektirmekte ve çevresel etkenlerle göreceli olarak daha az etkileşime girmektedir.

(3) Akım cihazları daha küçük, daha ucuz ve daha kolay taşınabilir olmalarına rağmen, bu özellikler testlerin doğruluğu yönünde bir üstünlük sağlamamaktadır.

(4) Akım cihazlarında volüm, akımın bütünleşmesi yoluyla ölçülmektedir. Fakat yeterli doğruluğa sahip akım kalibrasyon yöntemleri henüz geliştirilememiştir. Oysa volüm cihazlarında volüm işaretleri farklılaştırılarak akım ölçülmektedir.

(5) Volüm cihazları; gaz dilüsyonu, dağılım ve difüzyon çalışmalarında daha kolay uygulanır.

Volüm ve akım cihazlarını değerlendirirken bu cihazların tiplerine hatta üreticisine göre büyük

farklılıklar gösterdiği gerçeğini unutmamak gerekir. Bu nedenle, bir cihaz alınırken üreticinin cihaz için yayınladığı özellikleri dikkatle incelemek gerekir (2,11,13).

2) Cihazların doğrulanması: Bir spirometre sistemi alınırken, cihazın ATS standartlarına uygunluğu kontrol edildikten sonraki en önemli aşama, cihazın verdiği sonuçların bağımsız bir SFL'nda kontrol ettirilmesi ve sonuçların doğrulanmasıdır. Bu durum ABD'de mümkünse de ülkemiz için aynı şeyi söylemek imkansızdır. Ek olarak bilgisayarlı spirometre sistemlerinin giderek artıyor olması, cihazın parçalarını ayrı ayrı test etmeyi değil, cihazı bir bütün olarak incelemeyi gerekli kılmaktadır. Çünkü; bir volüm veya akım transuderi tek başlarına uygun olabilir, fakat bu transuderler yeterli örnek alma hızına, yeterli akım veya volüm kararlılığına veya kalibrasyon sistemine sahip olmayan bir bilgisayara bağlandığında tüm sistemin çıktılarının hatalı olacağı da unutulmamalıdır (8,14,15).

3) Cihaz kalite kontrolü: Doğru spirometrik sonuçların alınabilmesi için cihazların rutin koruyucu bakımlarının (temizleme, ısı, kalibrasyon kontrolü, doğrulama ve kalite kontrolü) yapılması gereklidir. Bu nedenle satıcılar cihazlarla birlikte standartlara uygun kalite kontrol işlemlerinin nasıl yapılacağını anlatan el kitaplarını da vermeli ve kullanıcı burada belirtilen kurallara uymalıdır (8,16-19).

4) Deneklerin veya hastaların SFT için uygun solunumsal manevraları yapabilmeleri: Spirometrik testler, efora bağlı solunumsal manevralara ihtiyaç duyar. Bu nedenle doğru sonuçların alınabilmesi için hastanın dikkatli bir şekilde eğitilmesi, öğretilmesi, yönlendirilmesi ve işbirliği yapması büyük önem taşımaktadır. ATS'nin bu konudaki önerileri aşağıda açıklanmıştır:

a) SFL'nda görevli personelin yeterliliği: Uygun spirometrik testlerin yapılabilmesi için teknisyenle hasta arasındaki etkileşim ve iletişim oldukça önemlidir. Bu nedenle teknisyenler dikkatle seçilmeli, eğitilmeli ve uygun test sonuçlarını sağlayabilmeleri için yüksek düzeyde nitelikli hale getirilmelidirler.

b) Bilgisayar kullanımı: Bilgisayarların giderek küçülmesi ve ucuzlaması, bunun yanı sıra hızlarının

ve güvenilirliklerinin artması, SFL'nda daha sıklıkla kullanılmalarına neden olmuştur. Bu durum son yıllarda spirometrik ölçümlerin ve yorumlamaların daha kolay yapılabilmesine olanak sağlamıştır.

c) Solunumsal manevralar ile ilgili eğitim: Denek veya hasta FVC (Zorlu Vital Kapasite) manevrasının nasıl yapılacağı konusunda eğitilmeli ve uygun teknik kendisine gösterilmelidir. Hastaya test sırasında en az 3 kabul edilebilir solunumsal manevra yaptırılmalıdır. Eğer ekspiratuvar manevralar arasında büyük farklılıklar görülürse; teknisyen tekrarlanabilirlik ölçülerine uymak için kabul edilebilir manevra sayısını 8'e kadar çıkarabilir. Hasta FVC manevrasının sonuna doğru ekspirasyona devam etmesi için sözlü olarak desteklenmelidir. Testin bitimi için; volüm-zaman eğrisinde, eğrinin en az 2 sn hiçbir değişiklik olmadan görülür şekilde düz seyretmesi, zorlu ekspirasyonun uygun bir süre devam etmesi veya klinik nedenlerle hastanın artık ekspirasyona devam edememesi halinde kesilmesi kurallarına uyulmalıdır. Volüm - zaman eğrisinde belirgin bir düzlük izlenmezse zorlu ekspirasyon zamanının en az 6 sn sürmesi gereklidir. Ancak bu şekilde maksimal FVC sonuçları elde edilebilir. Spirometrik testlerin 17 °C ile 35 °C arasındaki ısılarda yapılması önerilmektedir. Bu nedenle ortam ısı 1 °C doğrulukla kaydedilmelidir. Ayrıca burun klipslerinin kullanılması istenmekte, ama bu konuda bir zorunluluk getirilmemektedir. Denek veya hasta test yapılırken oturabilir veya ayakta durabilir. Ayakta yapılan ölçümlerde FVC değerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (7,11).

5) Ölçüm işlemi: Uygun manevraların seçilmesi ve sonuçların elde edilmesi için doğru ölçüm işlemi şarttır. Kabul edilebilir özellikteki eğrilerin içinden en yüksek FVC ve FEV₁ değerleri kaydedilmelidir. En iyi eğri, kabul edilebilirlik ölçütlerine uygun olan ve en yüksek FVC ve FEV₁ toplamına sahip olan eğridir (11,20).

6) Zorlu vital kapasite için kabul edilebilirlik ve tekrarlanabilirlik

a) Kabul edilebilirlik: Manevranın ATS'nin önerilerine uygun olması maksimum bir inspirasyonu takiben maksimum eforla düzgün ve devamlı bir ekspirasyon yapılması gereklidir. Aşağıdaki

durumların varlığında FVC manevrası kabul edilemez olarak değerlendirilmelidir:

- Yetersiz bir ekspirasyon başlangıcı
- Zorlu ekspirasyon manevrasının ilk saniyesi içinde hastanın öksürmesi veya test sırasında sonuçları etkileyebilecek bir öksürük nöbetinin oluşu
- Valsalva manevrası
- Ekspirasyonun erken sonlanması
- Spirometrik sistemde bir sızıntının varlığı
- Ağızlıkta tıkanıklık

b) **Tekrarlanabilirlik:** Bu özellik için aşağıdaki ölçülerin belirlenmesi gerekir:

- Kabul edilebilir manevralar içindeki en yüksek FVC değeri ile ikinci yüksek FVC değeri arasında % 5'den veya 100 ml'den fazla fark olmamalıdır.

- En yüksek FEV₁ değeri ile ikinci yüksek FEV₁ değeri arasında % 5'den veya 100 ml'den fazla ölçüm farklılığı olmamalıdır.

Yukarıda belirtilen iki tekrarlanabilirlik ölçüsü, üçten fazla FVC manevrasına gerek olup olmadığını göstermede rehber olarak kullanılır. Bir denek veya hasta üzerinde yapılmış olan testi kabul edilemez olarak değerlendirmek için tek bir ölçüyü göz önüne almak gerekir. Hiçbir spirogram sadece kötü tekrarlanabilir özelliğe sahip diye reddedilmemelidir, en az 3 kabul edilebilir manevra yaptırılmalıdır. Kötü tekrarlanabilir özellikteki manevralardan elde edilen bilgilerin kullanılıp kullanılmayacağı testi yorumlayan kişiye bırakılmalıdır (11).

7) **Beklenen normal değerler (referans değerler):**

SFT'nden beklenen, test yapılan kişinin bir fonksiyonel solunum bozukluğunun olup-olmadığının belirlenmesidir. Test yapılan hastanın akciğer hastalığı veya fonksiyonel bozukluk gelişmeden önceki değerleri bilinebilirse bu belirleme daha kolay olacaktır. Oysa pek çok hastanın bazal değerlerini bilmek mümkün değildir. Bu nedenle elde edilen test sonuçları benzer boy, yaş, vücut ağırlığı, cinsiyet, ırk ve sigara içme öyküsünün olup olmamasına göre sınıflandırılmış sağlıklı bireylerin değerleri (referans değerler) ile karşılaştırılarak "normallik" belirlenmeye çalışılır. Beklenen değerler (referans değerleri); akciğer fonksiyonları ile en az üç değişken (yaş, boy,

cinsiyet) arasındaki ilişkiyi tanımlayan regresyon denklemlerinden elde edilir.

Günümüzde var olan referans değerleri arasında, bu değerlerin elde edildiği çalışma gruplarının etnik farklılıklar, çalışılan mevsimlerin farklılığı, farklı ölçüm cihazlarının kullanımı ve sigara içme özellikleri nedeniyle büyük farklar bulunmaktadır. Mevcut referans değerlerinin eski oluşu yanında, henüz ırkın ve yüksek irtifanın referans değerler üzerine etkisi tam olarak bilinmemektedir (21).

SFT'nden gerek klinik uygulamalarda gerekse araştırmalarda en üst düzeyde yararlanabilmek için uygun referans değerlerinin seçilmesi büyük önem taşır. Fakat günümüzde henüz değişik ülkelerin sağlıklı insanlarına uygun standart referans değerleri oluşturulamamıştır. Bu konuda çok farklı değişkenleri içeren yeni standartlara gereksinim vardır. Türkiye gibi henüz kendi insanının standartlarını belirleyememiş ülkelerde bu gereksinim çok daha fazladır. Test yöntemlerinin standardizasyonu, bu konuda ortaya çıkabilecek hataları en aza indirmek için günümüzde uygulayabileceğimiz tek yaklaşım gibi görünmektedir. Herhangi bir laboratuvar özelinde bakıldığında ise ya kendi referans değerlerini oluşturması veya hiçbir akciğer hastalığı olmayan sağlıklı bireylerin değerlerini mevcut referans değerleri ile karşılaştırarak en uygun referans değerinin seçilmesi doğru olacaktır (8).

8) Sonuçların yorumlanması: SFT sonuçlarının yorumlanmasında normalin alt sınırının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Spirometre cihazında hangi referans sistemini kullanıyorsak bu referans sisteminin her test parametresi için önerdiği regresyon denklemini ve bu denklemin standart sapmasını bilmek zorundayız. SFT'nde normalin alt sınırını belirlemede hangi yöntemi kullanacağımıza karar verdikten sonra fonksiyonel bozuklukları hafif, orta ve ağır diye sınıflandırmak kolaylaşır.

Günümüz spirometrelerinde bu değerlendirmeler bilgisayarlar aracılığıyla kolaylıkla yapılabilmektedir. Burada yorumcunun düşebileceği en büyük hata, bilgisayar yazıcısından çıkan verileri belirli matematiksel işlemlere tabi tutarak normal ve anormal şeklinde değerlendirilmesidir. Oysa SFT'nde

linik bilgi olmadan doğru değerlendirme yapmak güçtür.

Sonuç

Solunum fonksiyon testleri, giderek yaygınlaşan önemli bir tanı yöntemidir. Fakat test sonuçlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak için cevaplandırılması gereken sorular ve standardize edilmesi gereken yaklaşımlar bulunmaktadır.

Ülkemiz açısından bakıldığında ise bu alanda aşmamız gereken pek çok engelin varlığı bilinmektedir. Çünkü spirometrik testler ve kullanılan cihazlarla ilgili olarak ülkemize özgü bir yaklaşım oluşturulmadığı gibi, kendi insanımızın referans değerleri konusunda da ayrıntılı bilgilerden yoksun durumdayız. Konu ile ilgili bilimsel bir kurul oluşturularak bu alanda birikmiş sorunlara çözümler getirilmesine büyük gereksinim vardır.

Kaynaklar

1. Mahler DA, Loke J. The pulmonary function laboratory. Clin Chest Med 1989;10:129-34.
2. Enright PY, Hyatt RE. Office spirometry: A practical guide to the selection and use of spirometers. USA: Lea- Febiger Pub; 1987.
3. Spriggs EA. The history of spirometry. Br J Dis Chest 1978;72:165-80.
4. Gardner RM, Clausen JL, Epler G. Pulmonary function laboratory personnel qualifications. Am Rev Respir Dis 1986;134:623-4.
5. McKay RT, Lockey JE. Pulmonary function testing: Guidelines for medical surveillance and epidemiological studies. Occup Med 1991;6:43-57.
6. Wanger J, Irvin CG. Office spirometry: Equipment selection and training of staff in the private practice setting. J Asthma 1997;34:93-104.
7. Beauchamp RK. Pulmonary function testing procedures. In: Barnes TA, editor. Respiratory care practice. USA: Year Book Med Pub; 1988. p.32-92.
8. Grippi MA, Metzger LF, Krupinski AV, Fishman AP. Pulmonary function testing. In: Fishman AP, ed. Pulmonary diseases and disorders. USA: Mc-Graw Hill Inc; 1988. p.2469-521.
9. Anthonisen NR. Spirometric testing: How much is enough? CMAJ 1997;156:202-4.
10. Bates DV. Respiratory function in disease. Philadelphia: WB Saunders Comp; 1989.
11. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1987 Update. Am Rev Respir Dis 1987;136: 1285-98.
12. Gardner RM. Standardization of spirometry: A summary of recommendations from the American Thoracic Society: The 1987 update. Ann Intern Med 1988;108:217-20.
13. Miller WF, Scacci R, Gast LR. Laboratory evaluation of pulmonary function. Philadelphia: JB Lippincott Comp; 1987.
14. Basson E, Stewart RI. The standard of spirometry in the RSA. S Afr Med J 1991;79:361-3.
15. Kangalee KM, Abboud RT. Interlaboratory and intralaboratory variability in pulmonary function testing: A 13-year study using a normal biologic control. Chest 1992;101:88-92.
16. Linn WS, Solomon JC, Gong H Jr, Avol EL, Peters JM. Temperature standardization of multiple spirometers. J Occup Environ Med 1998;40:148-52.
17. Hankinson JL. Quality control in the pulmonary function laboratory. Respir Care 1982;27:830-3.
18. Beeler EP. Quality control in the pulmonary function laboratory. Respir Ther 1984;14:69-72, 75-6.
19. Shigeoka JW. Calibration and quality control of spirometer systems. Respir Care 1983;28:747-53.
20. Dalen G, Kjellman B. Evaluation of three spirometers on healthy children. Acta Paediatr Scand 1978;67:741-4.
21. Clausen JL. Prediction of normal values in pulmonary function testing. Clin Chest Med 1989;10:145-54.