TORAKS KİTAPLARI • SAYI 37 • ARALIK 2022

TEKNİSYENLERE YÖNELİK GÜNCEL SOLUNUM FONKSİYON TESTİ

Editörler

Sevgi SARYAL, Gaye ULUBAY

Türk Toraks Derneği'nin Yayınıdır

TEKNİSYENLERE YÖNELİK GÜNCEL SOLUNUM FONKSİYON TESTİ

Temel Testler

Editörler

Sevgi SARYAL, Gaye ULUBAY

Toraks Kitapları Sayı 37

TORAKS KİTAPLARI Türk Toraks Derneği'nin yayınıdır.

Türk Toraks Derneği Eğitim Kitapları Serisi, solunum hastalıkları konusundaki güncel bilgiler ile hastalıklardan korunma, önlem ve tedavi bilgilerinin, anlaşılır ve kolay uygulanır şekilde hastalara ve birinci basamak sağlık hizmeti veren görevlilere aktarıldığı bir kitap serisidir.

Teknisyenlere Yönelik Güncel Solunum Fonksiyon Testi

Toraks Kitapları Yayın Kurulu
Editörler: Sevgi Saryal, Gaye Ulubay

ISBN: 978-605-72782-0-3

Toraks Kitapları Sayı 37

Yayın Tarihi: Aralık 2022

TTD MYK Toraks Kitapları Koordinatörü
Prof. Dr. Nurdan Köktürk
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Türk Toraks Derneği
Turan Güneş Bulvarı No: 175/19 Çankaya-Ankara
Telefon: 0312 490 40 50 - Faks: 0312 490 41 42
toraks@toraks.org.tr - www.toraks.org.tr

Yayıncı Sertifika No: 43794

Sosyal Medya
Halk Sayfası: http://www.toraks.org.tr/
Facebook: @hayatnefeslebaslar

Grafik Tasarım, Düzelti ve Sayfa Düzenleme
BULUŞ Tasarım ve Matbaacılık Hizmetleri
Bahriye Üçok Caddesi 9/1 Beşevler, 06500 Ankara
Tel: (0312) 222 44 06 Faks: (0312) 222 44 07
www.bulustasarim.com.tr E-posta: bulus@bulustasarim.com.tr

Türk Toraks Derneği Eğitim Kitapları Serisi'nde yayımlanan tüm kitapların basım ve yayın hakları Türk Toraks Derneği'ne aittir. Türk Toraks Derneği'nin yazılı izni olmaksızın bu kitapların hiçbir bölümü basılamaz, elektronik ve mekanik bir şekilde çoğaltılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz.

YAZARLAR

Doç. Dr. Aslı Görek Dilektaşlı
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Bursa

Prof. Dr. Bilun Gemicioğlu
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul

Prof. Dr. Elif Şen
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Doç. Dr. Fatma Arslan
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Prof. Dr. Gaye Ulubay
Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Uzm. Dr. Miraç Öz
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Biyolog Dr. Nihal Enşen
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul

Prof. Dr. Nurdan Köktürk
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Prof. Dr. Öznur Yıldız
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Prof. Dr. Sevgi Saryal
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Doç. Dr. Şermin Börekçi
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... **VII**

Solunum Fonksiyon Teknisyeninin Özellikleri
Prof. Dr. Sevgi Saryal 1

Laboratuvar Düzeni
Doç. Dr. Şermin Börekçi 5

Spirometrik Cihazların Çeşitleri ve Özellikleri
Biyolog Dr. Nihal Enşen, Prof. Dr. Bilun Gemicioğlu 9

Spirometrik Cihazların Kalibrasyonu, Bakımı
Biyolog Dr. Nihal Enşen, Prof. Dr. Bilun Gemicioğlu 13

Solunum Fonksiyon Testlerinde Hasta Hazırlık Aşaması
Prof. Dr. Elif Şen 17

Parametreler
Doç. Dr. Aslı Görek Dilektaşlı 23

Referans Değerler
Doç. Dr. Aslı Görek Dilektaşlı 31

Zorlu Vital Kapasite Ölçümü
Prof. Dr. Gaye Ulubay 37

Yavaş Vital Kapasite Ölçümü
Prof. Dr. Gaye Ulubay 43

Maksimum İstemli Ventilasyon Ölçümü
Prof. Dr. Öznur Yıldız 47

Spirometride Kabul Edilebilirlik ve Tekrar Edilebilirlik Kriterleri
Uzm. Dr. Miraç Öz 49

Reverzibilite Testi (Bronkodilatör Yanıt Testi) Yönetimi ve Dikkat Edilecek Noktalar
Uzm. Dr. Miraç Öz 59

Testin Kalitesini Derecelendirme
Doç. Dr. Fatma Arslan 63

Kullanılabilirlik Kriterleri
Doç. Dr. Şermin Börekçi 65

Spirometrik Verilerdeki Temel Patoloji Örnekleri
Prof. Dr. Öznur Yıldız 69

Altı Dakika Yürüme Testi
Prof. Dr. Nurdan Köktürk 79

SFT Rapor Formatı
Prof. Dr. Sevgi Saryal 87

Solunum Fonksiyon Testi Laboratuvarında Hijyen ve Enfeksiyon Kontrolü
Doç. Dr. Fatma Arslan 93

Kullanılan Parametreler ve Birimler 101

ÖNSÖZ

Günümüzde spirometre ölçümlerinin uygulama ve yorumlama nitelik güvencesi Amerika ve Avrupa Solunum Dernekleri (ATS/ERS) standartları ile belirlenmiştir. Bu standartlar tüm Dünya'da spirometrik ölçümlerin en doğru ve eş standartlarda yapılabilmesini sağlamak amacıyla 2019'da güncellenmiştir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de birçok laboratuvar bu uluslararası standartları kullanmaya başlamıştır. Ancak halen, pandeminin de etkisi ile ölçüm standartlarının güncellenemediği laboratuvarlar da şüphesiz vardır. Bu noktada, laboratuvarlarımızın bu standartlara göre düzenlenmesine hizmet edebilmek için 2018'de ilk baskısını yaptığımız bu kitabı güncelleme ihtiyacı doğmuştur.

Bu kitap, ülkemizde en yaygın kullanılan SFT yöntemi olan spirometrinin en doğru ve en güncel koşullarda yapılmasını sağlamak ve laboratuvar içi-laboratuvarlar arası farklılıkları, hataları en aza indirgemek amacı ile teknisyenlerimize yönelik olarak hazırlanmıştır.

Kitaba kattıkları için tüm yazarlara en içten teşekkürlerimizi sunarız.

Teknisyenlerimize yararlı olması ve laboratuvarlarımıza katkı sağlayabilmesi dileğiyle.

Sevgi Saryal, Gaye Ulubay
Editörler

Solunum Fonksiyon Teknisyeninin Özellikleri

Prof. Dr. Sevgi Saryal

Solunum fonksiyon testinin başarılı olması ve doğru sonuç vermesi üç koşula bağlıdır:

1. Solunum fonksiyon teknisyeninin kişisel deneyimi ve becerisi
2. Test ekipmanının hassas ve net ölçüm yapabilmesi
3. Hastanın testi doğru algılaması ve uyum göstermesi

Solunum fonksiyon teknisyeninin özellikleri diğer iki koşulu doğrudan etkiler ve testin başarılı olmasında en önemli etmendir. Bu nedenle solunum fonksiyon teknisyeninin sorumlulukları, eğitimi ve kişilik özelliklerinin standardize edilme gereksinimi ortaya çıkmıştır.

Solunum fonksiyon teknisyeninin sorumlulukları:

Solunum fonksiyon teknisyeninin aşağıdaki bilgi ve beceriye sahip olması gerekmektedir:

- Hastayı teste hazırlamak
- Test endikasyon ve kontrendikasyonları hakkında bilgi sahibi olmak
- Hastanın testi doğru yapabilmesi için gerekli yönlendirmeyi yapma konusunda beceri sahibi olmak
- Testin doğruluğunu ve geçerliliğini denetleyebilmek
- Test sırasında ortaya çıkan teknik sorunları saptayabilmek ve sorunu çözebilmek
- Test manevrasının fizyolojik temeli hakkında bilgi sahibi olmak
- Spirometrelerin özellikleri, rutin bakımı ve hata giderme konusunda bilgi sahibi olmak
- Spirometre kalibrasyonu hakkında bilgi sahibi olmak

- Testin uluslararası standarda göre yapılmasını sağlamak, kabul edilebilirlik ve tekrarlanabilirlik kriterlerini uygulamak
- Test sonucunu kısaca yorumlamak
- Laboratuvarda enfeksiyon kontrolu ve dezenfeksiyon yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmak

Solunum fonksiyon teknisyeninin eğitimi:

Solunum fonksiyon teknisyeni en az lise mezunu olmalı, tercihen sağlık bilimleriyle ilgili bir eğitim almış olmalıdır. Solunum fonksiyon teknisyeninin spirometrinin fizyolojik temeli ve pratik uygulama konusunda bilgili olması gerekmektedir. Uluslararası kılavuzlarda spirometrik testler için lise mezunu adaylar için sertifiye bir laboratuvarda deneyimli teknisyen eşliğinde 6 ay çalışılması önerilmiştir. Teknik sorun giderme için ise bir yıllık eğitim uygun bulunmuştur. Eğitim düzeyine göre bu süre daha kısa olabilir. Rutin spirometriyi 6 aylık eğitim sonrasında başaramayan adayların bu alan için uygun elemanlar olmadığı kabul edilmektedir.

Eğitimin ilk basamağı laboratuvarın günlük uygulamalarını öğrenmekle başlamalıdır. Ekipman ve kalibrasyon konusunda bilgi edindikten sonra test yönteminin öğrenilmesine geçilmelidir. Öncelikle eğiticinin yaptığı testler gözlemlenmeli, yeterli efor ve doğru teknik konusunda bilgi edinilmeli, hasta uyumunun ve tekniğin yetersizliği durumunda neler yapılması gerektiği gözlemlenmelidir. Hasta gönderildikten sonra sonuçların normal olup olmadığı eğitici ile birlikte değerlendirilmelidir. Sonraki aşamada teknisyen adayı laboratuvar çalışanları veya diğer sağlıklı gönüllüler üzerinde test uygulamalıdır. Spirometrik testi doğru yapabilme becerisi kazanan adaylar eğitici eşliğinde hasta üzerinde test yapmaya başlayabilirler. Eğitici gerekli yerlerde müdahale edebilir. Spirometrik ölçümler için doğru tekniği uygulama becerisi elde edildikten sonra ileri solunum fonksiyon test tekniklerinin eğitimine geçilmelidir.

Adayın pratik eğitimi boyunca spirometrik testler için yayınlanmış kılavuzları ve diğer eğitim materyellerinin okuması da önem taşımaktadır. Gereksinime göre ilerleyen dönemlerde de meslek içi eğitim devam ettirilmelidir.

Solunum fonksiyon teknisyeninin kişisel özellikleri:

Solunum fonksiyon testleri laboratuvarında çalışmak sabır gerektiren ve yorucu bir iştir. Bu nedenle solunum fonksiyon teknisyeninin kişilik

özellikleri de testleri başarılı olması için önem taşımaktadır. Her isteyen solunum fonksiyon teknisyeni olamaz.

Bu meslek alanına başvuranların iletişime açık, yaptığı işe ilgi gösteren, hastaların en doğru testi yapabilmeleri için onları motive edebilme ve yönetebilme yeteneğine sahip, kendine güveni yüksek ama eğitime ve yeniliklere açık, ekip elemanı olarak çalışmaya yatkın karakter yapısında olmaları beklenmektedir. Sorumluluk duygusu çok önemlidir, çünkü solunum fonksiyon teknisyeninin tek görevi testi uygulamak değildir. Laboratuvar koşullarından enfeksiyon kontrolu, spirometrelerin günlük bakımı ve gerekli kayıtların tutulmasına kadar geniş bir sorumluluk alanı bulunmaktadır. Aynı zamanda sakin ve sabırlı olması, hastayla tam bir uyum içinde çalışmaya özen göstermesi gerekmektedir. Özellikle pediatrik solunum fonksiyonları alanında çalışacak olan teknisyenlerde karakter özelliği çok önemlidir. Buna karşılık hastayı yönlendirirken net ve kararlı bir tavır sergileyebilmesi de hasta uyumunun artması açısından gerekli olmaktadır. Spirometrik testler efora bağımlıdır ve önemli ölçüde hasta uyumu gerektirmektedir. Teknisyenin hastaya testi doğru yaptırabilmesi teknik bilgi kadar kişilik özellikleriyle de yakından ilgilidir.

KAYNAKLAR

1. Madama VC. Pulmonary Function Testing and Cardiopulmonary Stress Testing. 2nd Ed. Delmar Publishers, Albany, USA. 1998:165-205.
2. Haynes JM. Quality assurance of the pulmonary function technologist. Respir Care 2012;57:114-124.
3. Gardner RM, Clausen JL, Epler G, et al. Pulmonary function laboratory personel qualifications. Am Rev Respir Dis 1986;134:623-624.
4. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, et al. General considerations for lung function testing. Eur Respir J 2005;26:153-161.

Laboratuvar Düzeni

Doç. Dr. Şermin Börekçi

Solunum fonksiyon testi laboratuvarlarının ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak faaliyet göstermesi gereklidir. Bu standartlar 1970'li yıllardan başlayarak Amerikan Toraks Derneği (American Thoracic Society, ATS) ve daha sonra da Avrupa Solunum Derneği (European Respiratory Society, ERS) tarafından yayımlanan raporlarla güncellenerek tanımlanmaktadır. Bu raporlar, laboratuvar koşullarının düzenlenmesi konusunda yol gösterici olmanın yanısıra birçok cihaz üreticisinin "temel koşullar" olarak benimsemesi nedeniyle, daha işlevsel ve doğru ölçüm yapan cihazların üretilmesi konusunda da önemli etkiye sahiptir. Solunum disiplini ile ilgili dernekler, laboratuvarların işleyişinde tanımlama, uygulama ve yorumlamada ATS/ ERS ölçüt ve kıstaslarının göz önüne alınmasını tavsiye etmektedirler. Günümüzde birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de laboratuvarların kurulmasında ve çalıştırılmasında 2019 yılında ATS/ERS tarafından yayımlanmış standartlara uyulmaya çalışılmakta ve bu standartlara uygun cihazlar kullanılmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde de bu standardizasyon çabasına yönelik uzlaşı raporu spirometriye yönelik olarak da yayımlanmıştır.

Fiziki özellikler:

Rahat, geniş (havalandırılabilen, gün ışığı alan, sessiz bir ortam), nem ve ısı açısından aşağıda tanımlanan standartlara uygun bir oda olmalıdır.

Ortam ısısı 17-40^{0}C, tercihen 20-24^{0}C, nem ise % 40-60 arasında olmalı, barometrik basınç günlük ölçülüp kaydedilmelidir. Günümüzde bu basamaklar birçok cihaz tarafından otomatik kaydedilmektedir. Ölçüm sonuçlarının olumsuz etkilenebilmesi nedeni ile bu sıcaklık ve nem koşullarının dışında laboratuvarlarda ölçüm yapılması önerilmez. Bütün spirometrik ölçümler BTPS şartlarında raporlanmalıdır. BTPS: Ölçüm sonuçlarının vücut ısısı, atmosfer basıncı ve hava yolundaki doymuş su buharına ayarlanmasıdır. Ekspire edilen havanın akım sensöründen geçerken soğuması, kullanılan bakteri filtreleri ve akım sensör üzerinde biriken nem, BTPS

düzeltme faktöründe %10 yanılmaya sebep olabilir, bu nedenle bu düzeltmelerin yapılması tercih edilir. Günümüzde bu düzeltmeler birçok cihaz tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

Laboratuvar alanı ile ilgili net bir ölçü ifade etmek mümkün değildir çünkü her laboratuvarın içereceği cihazlar ve laboratuvarda kaplayacağı alan laboratuvarlar arasında farklılık gösterecektir. Genel olarak bu konudaki öneri; laboratuvar alanının kişinin kendini rahat hissedeceği kadar büyük olması ve yeterli havalandırmaya sahip bulunmasıdır. Test yapılacak kişide fazladan endişe veya kaygı oluşturabilecek şekilde malzeme ile dolu veya aşırı küçük odalar bu amaçla kullanılmamalıdır. Laboratuvarda hastanın dikkatini dağıtacak müzik-gereksiz ses kirliliği olması istenmeyen koşullardır. Hastanın testlerinin yapılması sırasında teste uyumu azaltacak şekilde gerekli olmayan kişilerin laboratuvarda bulunması ya da giriş çıkış yapması önlenmelidir. Laboratuvarda testlerin yapılması sırasında görev yapan diğer yardımcı personelin de bu kurallara uyacak şekilde eğitilmesi gereklidir.

Solunum fonksiyon testi laboratuvarları, göğüs hastalıkları kliniğine fiziksel olarak yakın konumlandırılmalıdır. Bu fiziksel yakınlık, teknisyenler ile hekimler arasındaki iletişimin düzenli ve hızlı olmasını sağlamak açısından önemlidir. Ayrıca testler sırasında oluşabilecek ve hastada gelişebilecek bazı komplikasyonları (örneğin senkop, bronkospazm vb.) hekimlerin hızlı değerlendirmesi ve yönetebilmesi yine benzer şeklide laboratuvar çalışma koşullarının hekimler tarafından standartlara uygunluk yönünden gün içinde görülebilmesi açısından da fiziksel yakınlık gereklidir.

Laboratuvar ortamında lavabo, antiseptik el yıkama ve temizleme solüsyonlarının bulunması temizlik ve infeksiyonların kontrolü açısından gereklidir.

Laboratuvarın dışında ve içinde hastaların test öncesi dinlenebilmesi için oturma koltuklarının bulunması önerilir.

Laboratuvarın aydınlatmasının hastanın rahatlamasını sağlayacak şekilde seçilmesi yararlıdır.

COVID-19 pandemisi ile tecrübe edildiği üzere, pandemi dönemlerinde solunum fonksiyon testi laboratuvar standartlarında üst düzey önlemlere geçilebilmekte, hatta tüm faaliyetlere belli bir süre ara verilebilmektedir. Bu dönemlerde güncel klavuzlara uygun şekilde standartlar uygulanmalıdır. Ülkemizde de de COVID-19 sürecinde solunum fonksiyon test labo-

ratuvarlarının standardizasyonu ile ilgili yol gösterici bir uzlaşı raporu mevcuttur.

Solunum fonksiyon laboratuvarı idaresinde sorumluluk solunum fizyolojisi, solunum işlevi cihazları ve testlerin yorumlanması konusunda bilgi ve deneyime sahip olan bir hekimde olmalıdır. Laboratuvarın günlük işleyişinde cihazların her an kullanıma hazır tutulması ve karmaşık olabilen testlerin uygulanmasında hasta veya denekle iyi iletişim kurulması için teknisyenin eğitimli ve deneyimli olması çok önemlidir. Doğrudan sorumluluk alacak teknisyenlerin en az 2 yıllık meslek yüksekokulu mezunu olması ATS/ERS kılavuzlarınca önerilmektedir. Laboratuvar teknisyenlerinin solunum fonksiyon testlerinin uygulama ilkeleri, kalite kontrol, hijyen, etik değerler ve temel solunum fizyoloji ve patofizyolojisi hakkında yeterli eğitimde olmaları sağlanmalıdır.

Teknisyenlerin, eğitimin sürekliliğini sağlamak açısından Ulusal veya Uluslararası Solunum Dernekleri yıllık kongrelerinde düzenlenen "yenilenme" kurslarına - ne kadar tecrübeli olsalar da- uygun aralarla (3-5 senede 1 kez) katılmaları önerilmektedir. Böylece değişik eğitmenlerle farklı ortamlarda çalışılarak yeni bilgi ve becerilerin kazanılması sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Gold WM. Pulmonary Function Testing. In: Jason RJ, Broaddus VC, Murray JF, Nadel JA; eds. Textbook of Respiratory Medicine. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2005: 671-740.
2. Getting Started. In: JE Cotes, DJ Chinn, MR Miller; /eds. Lung Function, Physiology, Measurement and Application in Medicine. 6th ed. Massachusetts: 2006: 13-23.
3. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, et al. General considerations for lung function. In: series ''ATS/ERS Task Force: Standardisation of lung function testing''. Eur Respir J 2005; 26: 153–161.
4. Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R. et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST.
5. Turkish Thoracic Society national spirometry and laboratory standards. Ulubay G, Köktürk N, Görek Dilektaşlı A, Şen E, Çiftci F, Demir T, Yıldız Ö, Gemicioğlu B, Saryal S. Tuberk Toraks. 2017;65(2):117-130.
6. Ulubay G, Dilektaşlı AG, Börekçi Ş, et al. Turkish Thoracic Society Consensus Report: Interpretation of Spirometry. Turk Thorac J. 2019 Jan 1;20(1):69-89. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2018.180175.

7. American Thoracic Society Recommendations. Pulmonary Function Laboratories: Advice Regarding COVID-19. Available From: URL: https://www.thoracic.org/professionals/clinical-resources/disease-related-resources/pulmonary-function-laboratories.php
8. European Respiratory Society Recommendations. Recommendation from ERS Group 9.1 (Respiratory function technologists /Scientists) Lung function testing during COVID-19 pandemic andbeyond. Available From: URL: https://ers.app.box.com/s/zs1uu88wy51monr0ewd990itoz4tsn2h
9. Bilun Gemicioğlu, Şermin Börekçi, Aslı Görek Dilektaşlı et al. Turkish Thoracic Society Experts Consensus Report: Recommendations for Pulmonary Function Tests During and After COVID 19 Pandemic. Turk Thorac J. 2020 May;21(3):193-200. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2020.20107.

Spirometrik Cihazların Çeşitleri ve Özellikleri

Biyolog Dr. Nihal Enşen
Prof. Dr. Bilun Gemicioğlu

Latince SPIRO (nefes almak) ve METER (ölçmek) kelimelerinden türetilen spirometri, hastanın akciğer fonksiyonunu değerlendirmek için tanısal bilgiler sağlayan bir testtir. Spirometre ilk olarak 1840'larda İngiliz cerrah John Hutchinson tarafından icat edildi. Günümüzde artık onun kullandığı cihazlar kullanılmasa da onun isimlendirdiği "spirometre" ve "vital kapasite" terimlerinin kullanımı devam etmektedir. Hutchinson'ın öngördüğü gibi, spirometri, Tiffeneau ve Pinelli'nin zorlu ekspiratuar hacimler üzerindeki çalışmalarından Fry ve Hyatt'ın akım-volüm eğrisi tanımına kadar, solunum patofizyolojisi hakkındaki artan bilgimiz için çok önemli hâle gelmiştir. 20.yy.da, spirometrinin standardizasyonunu, erişimini ve prognostik potansiyelini daha da genişletmiştir.

Spirometreler akciğere giren ve çıkan havanın ölçümünde kullanılan ve bu ölçümlere göre farklı konularda hekime tanı ve tedavide destek olan en basit solunum fonksiyon laboratuvarı aletlerindendir. Spirometrelerin pek çok tipi bulunduğundan seçim yaparken doğru olanı bulmak önemlidir. ERS ve ATS kriterlerine uygun olan spirometreler tercih edilmelidir. Testlerin kalitesini değerlendirebilen ve teknisyenlere otomatik gerçek zamanlı geri bildirim sağlayan spirometreler kullanılması test kalitesini yükseltmekte kolaylık sağlayacaktır. Bu özellik yeni üretilecek spirometrelerde zorunlu koşul olarak bulunmaktadır. Spirometreler güvenirlilik, doğruluk, büyüklük, kullanım kolaylığı ve taşınabilirlik durumlarına göre çeşitlilik gösterebilmektedir. Ancak en çok kullanılan ayırım yapılan ölçümde kullanılan metoda göre olandır. Aşağıda bu ayırıma göre sınıflandırma görülebilir.

Spirometre tipleri:

1. Hacim Değişken Spirometreler; doğrudan hacim ölçerler
2. Akım Duyarlı Spirometreler (Pnömotakometreler); akım ve zaman çarpımı ile hacimi elde eden bilgisayarlı sistemlerdir. En az 7 L kapasiteli olup 0-12 L/sn arasındaki akım hızlarını ölçebilirler.

Hacim duyarlı spirometreler:

a. Sulu Spirometreler: Su dolu bir kabın içindeki kampananın havanın giriş çıkışı ile yer değiştirmesi prensibine göre çalışır.
b. Kuru Spirometreler: Gaz hacmine göre bir silindir içinde hareket eden piston prensibine göre çalışır.
c. Körüklü Spirometreler: İçinde akordeon tipi hazne içerir, bu sistemde havanın giriş çıkışı ile körük belli bir aks çevresinde genişler bu sisteme göre yazım yapar.

Hacim duyarlı spirometreler hijyen sağlamada güçlük oluşturmaları, ebatlarının büyük olması gibi nedenlerle günümüzde yerlerini akım duyarlı spirometrelere bırakmıştır. Akım duyarlı spirometrelerde de; akım sensörü olarak farklı tekniklerle ölçüm yapan çeşitli tipte cihazlar üretilmektedir. Bunlardan hangisi kullanılacaksa buna ait kullanım kılavuzu öncelikle okunup kuralarına uyularak bakım, kalibrasyon ve ölçümlerin yapılması esastır.

Akım Duyarlı Spirometreler (Pnömotakometreler):

a. Türbin Spirometreler; Bu cihazda içinden geçen havanın döndürdüğü bir türbin/pervane vardır. Birçok dişliye seri olarak bağlanmış türbinin hava akımı arttıkça çoğalan dönüş sayısı bir elektronik sayaç tarafından sayılarak geçen akımdan hava Hacimleri hesaplanır. Ancak 3 L/dk düşük ve 300 L/dk' dan yüksek akım hızlarına yeterince duyarlı değildir.
b. Basınç Farklı Akım Ölçerler; İki ucunda basınçölçer bulunan bir tüpün içinden havanın giriş çıkışı ile oluşan basınç farkına göre ölçüm yapar.
c. Isıya Duyarlı Akım Sensörler; Platinden yapılmış ısıya duyarlı ince bir telin bulunduğu tüp içinden geçen havanın yarattığı ısı farkına göre ölçüm yapar.
d. Pitot Tüp Akım Sensörler; Birbirine seri bağlanmış küçük tüplerin birleştirildiği bir basınçölçer aracılığı ile ölçüm yapar.

e. Ultrasonik Pnömotakometreler: Ultrasonik bir cihaz yardımı ile hava geçişi esnasında dalga oluşturarak ölçüm yaparlar.

Özellikle bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte spirometri cihazları sürekli minyatürleştirilmektedir. Bunların mobilitesine ek olarak, mevcut spirometrik verilerin yeni analizleri de iyileştirilmiştir. Bu durum yeni standartlara yol açmıştır. Ayrıca, makine öğrenme teknikleri yakın zamanda "ekspiratuar akım-volüm eğrisi altındaki alanı" analiz etmek ve tek başına spirometri kullanarak normal, obstrüktif hastalık, kısıtlayıcı hastalık ve karışık bozukluklar arasında doğru bir şekilde ayrım yapabilen sağlam bir sınıflandırma algoritması geliştirmek için kullanılmıştır. Ek olarak, geleneksel spirometrenin yerini alması planlanan, akıllı telefon mikrofonlardan, hassas spirometrik ölçümler oluşturmak için nasıl kullanılabileceğini araştıran bir araştırma grubu da bulunmaktadır. Ancak, bu akıllı telefon spirometreleri şimdiye kadar yalnızca pilot çalışmalarda test edilmiştir ve klinik olarak uygulanabilir olmadan önce çok daha fazla doğrulamadan geçmeleri, standardizasyonlarının ve bilgi güvenliği gibi hukuksal konularının da çözümlenmesini gerektirmektedir. Ancak, modern akıllı telefonların her yerde bulunması ve geniş kullanım kapasitesi, onları gelecek vaat eden bir yön hâline de getirmektedir.

KAYNAKLAR

1. AndrewKouri,Ronald J.Dandurand,Omar S.Usmani,Chung-WaiChow. European Respiratory Review 202130:210081; DOI:10.1183/16000617.0081-2021
2. Ioachimescu OC, Stoller JK. An alternative spirometric measurement. area under the expiratory flow–volume curve. Ann Am Thorac Soc 2020; 17: 582–588.
3. Sim I. Mobile devices and health. N Engl J Med 2019; 381: 956–968.
4. Chung H, Jeong C, Luhach AK, et al. Remote pulmonary function test monitoring in cloud platform via smartphone built-in microphone. Evol Bioinforma 2019; 15: 1176934319888904.
5. Viswanath V, Garrison J, Patel S. SpiroConfidence: Determining the validity of smartphone based spirometry using machine learning. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc 2018; 5499–5502.
6. Zubaydi F, Sagahyroon A, Aloul F, et al. MobSpiro: Mobile based spirometry for detecting COPD. 2017 IEEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference 2017; pp. 1–4.
7. Thap T, Chung H, Jeong C, et al. High-resolution time-frequency spectrum-based lung function test from a smartphone microphone. Sensors 2016; 16: 1305.

8. Larson EC, Goel M, Boriello G, et al. SpiroSmart: using a microphone to measure lung function on a mobile phone. Proc. 2012 ACM Conf. Ubiquitous Comput. Pittsburgh, Pennsylvania. 2012; 280–289.
9. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V. et al. ATS/ERS Task Force: Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005;26:319-38.
10. Wanger J. ATS Pulmonary Function Laboratory Management and Procedure Manual 3rd Edition. https://store.thoracic.org 6 june 2016.
11. Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL. et al. American Thoracic Society Committee on Spirometry in the Occupational Setting. Official American Thoracic Society technical standards: spirometry in the occupational setting. Am J Respir Crit Care Med. 2014:15;189(8):983-93.
12. Turkish Thoracic Society national spirometry and laboratory standards. Ulubay G, Köktürk N, Görek Dilektaşlı A, et al. Tuberk Toraks. 2017;65(2):117-130.
13. Carrie A. Redlich, Susan M. Tarlo, John L Hankinson et al. Official American Thoracic Society Technical Standards: Spirometry in the Occupational Setting. Am J Respir Crit Care Med 2014 Apr 15;189(8):983-93.

Spirometrik Cihazların Kalibrasyonu, Bakımı

Biyolog Dr. Nihal Enşen
Prof. Dr. Bilun Gemicioğlu

Günlük uygulama hacim/ akım ölçerin kalibrasyonu ile başlar. Kullanılan tüm araç ve gereçlerin düzenli bakımı yapılmalıdır. Temizlik, aşırı sıcak veya soğuğa maruz bırakılmaması, gereken parçaların düzenli yağlanması/değiştirilmesi, ara bağlantıların kontrolü gereklidir. Bu kontrollerde cihaz özelliklerine göre kuru dezenfeksiyon/sterilizasyon mu yoksa kimyasal bir dezenfeksiyon mu yapılacağı belirlenmiş olmalıdır. Dezenfeksiyon/sterilizasyon protokolünün de yazılı olarak laboratuvarda bulunması önerilir. Yıllık kalibrasyonlar ise teknik kontrolün ilgili firma tarafından yapılması ile gerçekleştirilir.

Referans kalibrasyon, bir cihazın algılayıcısının/sensörünün ölçtüğü akım veya hacmin değerleri ile gerçek akım ve hacim değerleri arasındaki ilişkinin bir referans cihazla karşılaştırarak doğrulanmasıdır.

Kalibrasyon denetimi (check) ise günlük uygulamada kullanılan ve ölçülen değerlerin kabul edilen (± %3 veya 5) sınırlar içinde olup olmadığını denetleyen ölçümdür.

Kalibrasyon denetimi:

Atmosfer basıncı, nem ve oda sıcaklığı (BTPS düzeltmesi için) bakılmalıdır. Isı mutlaka ± 1°C kesinlik içerisinde ölçülmeli ve 17°C altında olmamalıdır. 30 dakika içinde >3°C değişiklik veya çok sayıda gruplar hâlinde test yapmak gerekirse kalibrasyonlar tekrarlanmalıdır. Bunun için cihazın bulunduğu ortamın basınç, nem ve ısı değerleri ile cihaza girişi yapılır. Cihazın bulunduğu odada barometre ve termometre bulundurulmalıdır. Şayet bu olanak yok ise meteorolojinin internet sitesinden bulunulan ilin nem, basınç değerleri kullanılabilir.

Kalibrasyon şırıngası muhtemelen solunum fonksiyon laboratuvarlarındaki en önemli araçtır. Kalibrasyon şırıngasının sağlamlığı her yıl kontrol edilmelidir (kaçak açısından). Kalibrasyon şırıngası spirometre

ile aynı çevre koşullarında tutulmalıdır. Direkt güneş ışığından ve sıcak cisimlerden uzak kalmalıdır. Uygun olmayan hasarlı bir şırınga kalibrasyon yazılımının hatalı sonuçları kabul etmesine yol açar.

Akım ölçerli spirometrelerde hacim kalibrasyon denetimi günlük yapılmalıdır; yavaş 6 saniye (0.5 L/sn), orta 1-2 sn (1.5-3.0 L/sn) ve haftalık olarak da hızlı 0.5 sn (6.0 L/sn) akımlarda çizim yaptırılır. Linearite kontrolünde ise 3 yavaş enjeksiyon, 3 orta akımlı enjeksiyon, 3 hızlı akımda enjeksiyon çizdirilerek bakılır. En fazla müsaade edilen hata 105 ml (%3,5) (2.9-3.1 L hacim için) olabilir. Elde edilen tüm sonuçlar kaydedilmelidir. Bilgisayar destekli spirometrelerde kalibrasyon değerleri otomatik olarak kaydedilmekte, gerekli olduğunda geriye yönelik değerlendirme de yapılabilmektedir. Anormal kalibrasyon sonuçlarını, araştırılmalı ve çözümleri de kayıt altına alınmalıdır.

Hacim spirometrelerinde kalibrasyon günlük 3L şırınga ile sabit akımlı injeksiyon ve -3 cmH_2O (-0.294 kPa) 1dakika'lık sabit basınçla yapılır. Mekanik kayıt cihazının kontrolü (%2 doğruluk) ve linearite kontrolü ise aylık yapılır. Linearite için iki yöntem bulunmaktadır;

a. 1L' lik artışlarla kümülatif dozlarda bakmak; 0–1, 1–2, 2–3,…6–7 ve 7–8L (8L spirometreler içindir)

b. 3L hacim ile başlayıp 1L' lik artışlarla devam edilir. 0–3, 1–4, 2–5, 3–6, 4–7 ve 5–8L, yine 8L spirometreler için uygulamadır.

En fazla olabilecek hata 105 ml (%3,5) (2.90-3.10 L hacim aralığında) şeklindedir. Bu spirometrelerde genellikle otomatik kayıt sistemi yoktur ve bu sonuçların dökümante edilerek saklanması gerekmektedir.

Sigara içmemiş sağlıklı bir birey (genellikle teknisyenlerin kendileri) biyolojik kontrol olarak kullanılmalı ve böylece kalibrasyon kontrolleri tamamlanmalıdır.

Dijital ve yazılı belgelendirmeler ve diğer araçlar:

Cihazların bakımı, kontrolü ve referans kalibrasyonları düzenli aralarla, zamanında yapılır. Üretici/satıcı firmanın desteği yazılmalıdır. Cihazda yapılan onarımın açıklanması, kalibrasyon sonuçları, yazılım ve donanım yenilemeleri ile tarihleri, cihazın yer değişiklikleri sonrası kalibrasyon ve kalite kontrol sonuçları mutlaka bulunmalıdır.

Yazılı olarak testle ilgili bazı belgelerin laboratuvarda asılı olmasında yarar vardır, bunlar:

a. Testin amacı ve tarifi (hastaya yönelik hazırlanmış olmalı)
b. Test endikasyonları ve kontrendikasyonları
c. Yöntemin genel tarifi ve varsa aletle ilgili özel durumun bildirilmesi
d. Üretici tavsiyesine göre test öncesi yapılacak kalibrasyon listesi
e. Hastanın teste hazırlanma basamakları
f. Testin uygulanması
g. Testin kalite kontrolü (kabul ve tekrar edilebilirlik)
h. Güvenlik uyarıları (enfeksiyon kontrolü)
i. Sonuçların değerlendirilmesinde kullanılacak beklenen değer tablo ve formülleri

Kayıt, kalite, protokol defterinde bulunması gerekenler:

a. Günlük kalibrasyon değerleri
b. Test performans (amacı ve yapılış şekli)
c. Yöntemin genel tarifi ve özel bir durum varsa açıklanması
d. Hastanın teste hazırlanması
e. İlgili güvenlik uyarıları (panik, acil durumlar, enfeksiyon uyarısı gibi)
f. Referans değer tablo ve formülleri
g. Hekim ve sorumlu teknisyen imzaları

Ayrıca acil durum planı tercihen yazılı ve asılı olmalıdır. Acil ilaçları, oksijen bulunmalı ve defibrilatör yakında olmalıdır. Solunum yolu müdahale aparatları ve diğer gerekebilecekleri içeren acil arabasının aynı ortamda bulunmasında fayda vardır.

KAYNAKLAR

1. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V. et al. ATS/ERS Task Force: Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005;26:319-38.
2. Wanger J. ATS Pulmonary Function Laboratory Management and Procedure Manual 3rd Edition. https://store.thoracic.org 6 june 2016.
3. Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL, et al. American Thoracic Society Committee on Spirometry in the Occupational Setting. Official American Thoracic Society technical standards: spirometry in the occupational setting. Am J Respir Crit Care Med. 2014: 15;189(8):983-93.
4. Turkish Thoracic Society national spirometry and laboratory standards. Ulubay G, Köktürk N, Görek Dilektaşlı A. et al. Tuberk Toraks. 2017;65(2):117-130

Solunum Fonksiyon Testlerinde Hasta Hazırlık Aşaması

Prof. Dr. Elif Şen

Solunum fonksiyon testlerinde hastanın teste alınmadan öncesinde bir hazırlık aşaması gereklidir. Hasta hazırlık süreci; test yapılmadan önce hastanın test öncesinde kullanacağı veya bırakması gereken ilaçları, sigara ve yemek yememesi ve bazı özellikli testler için bazı hazırlıkları içerir.

Bırakılması gereken ilaçlar:

Hava akım kısıtlanmasının değerlendirilmesi için teste gönderilen hastalar bir süredir bronkodilatör ilaç kullanıyor olabilir. Eğer bronkodilatör ilaç yanıtına bakılacak ise o zaman test öncesinde bronkodilatör ilacın bırakılmış olması gerekir. İlacın testten ne kadar süre öncesinde bırakılacağı ise ilacın etki süresine göre değişmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Spirometri öncesinde bırakılması gereken ilaçlar.

Bronkodilatör ajan	Kesilme zamanı
SABA (örn.; albuterol ya da salbutamol)	4-6 saat önce
SAMA (örn.; ipratropium bromide)	12 saat önce
LABA (örn.; formoterol ya da salmeterol)	24 saat önce
Ultra-LABA (örn.; indakaterol, vilanterol ya da olodaterol)	36 saat önce
LAMA (örn.; tiotropium, umeclidinium, aclidinium, glycopyrronium)	36-48 saat önce
Teofilin	24 saat önce
Kromolin sodyum	8-12 saat önce

SABA: Kısa etkili beta-2 agonist, **SAMA:** Kısa etkili muskarinik antagonist, **LABA:** Uzun etkili beta-2 agonist, **LAMA:** Uzun etkili muskarinik antagonist
Not: İkili bronkodilatör kullanımı varsa en uzun etkili olan bronkodilatör için kesilme süresi dikkate alınmalıdır.

Bazı hastalarda bronkodilatör ilacın bırakılması güçlük yaratabilir. Spirometri yapılacak ise test yapılabilir ve hastaya teknisyen ilacı test

öncesinde ne şekilde kullanabileceğini tarif eden bir yönerge verilir. Hastaya solunum sıkıntısı olduğunda bronkodilatör ilacını alması öğretilir. Bronkodilatör ilacını alması gereken hastalarda, bronş provokasyon testi ertelenmelidir, çünkü bronkodilatör kullanımı testin yanlış negatif sonuçlanmasına yol açabilir. Bronş provokasyon testi (metakolin, egzersiz, hiperventilasyon gibi) öncesinde bırakılması önerilen ilaçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Bronkoprovokasyon testi öncesinde kesilmesi gereken ilaçlar

İlaç	Test öncesinde gerekli olan bırakma süresi
Kısa etkili beta-agonistler	8 saat
Antikolinerjikler (ipratropium dahil)	24 saat
Uzun etkili beta-agonistler	48 saat
Antihistaminikler	72-96 saat
Metilksantinler (teofilinler)	12-24 saat
Yavaş salınımlı metilksantinler	48 saat
Lökotrien reseptör antagonistleri	24 saat
İnhaler ve sistemik steroidler	Devam edilir.
Kafein içeren içecekler (kola, kahve)	6 saat
Beta-blokörler	Yanıtı artırabilir.

Bir başka önemli konu da, hastaların yanlışlıkla tüm ilaçlarını kesmeleridir. Bu durum, örneğin insülin, antiaritmik ilaç, antihipertansif kullanan hastalarda ciddi sorunlara neden olabilir. Sadece bronkodilatör ilaçların kesilmesi net bir şekilde anlatılmalıdır ve gerekirse tereddütlü hastalarda yazılı yönerge verilmelidir.

Sigaranın bırakılması

Sigara içen hastalarda ideal olanı testten en az 24 saat önce sigara içilmemesidir. Özellikle diffüzyon kapasitesi veya arter kan gazları bakılacak olanlarda sigara içmenin kanda karbonmonoksit düzeyini artırarak diffüzyon kapasitesini azalttığı gösterilmiştir. Ayrıca ekshale nitrojen ölçümünde de hastada hava yolu inflamasyonu olmasına rağmen artifisyel olarak nitrik oksit düzeyinin düşük ölçümüne neden olabilir. En azından test öncesi 1 saat süreyle sigara kullanmamalıdır. Spirometrik ölçümden 1 saat önce sigara içilmemesi gerekir. Sigara dumanına bağlı olarak gelişebilen akut bronkokonstriksiyonun engellenmesi için buna dikkat edilmesi önemlidir.

Hazırlıkla ilgili diğer konular:

Test öncesinde hastaların ağır yemeklerden kaçınmaları tavsiye edilir. Test sırasında bulantı, mide rahatsızlığı olmaması için testten 2-4 saat öncesinde bir şey yiyip içmemek uygundur. Alkol alımının da 4 saat öncesinde sonlandırılmış olması gerekir. Test öncesinde egzersizden kaçınılması ve istirahat edilmesi gerekir. Testten en az 1 saat önce egzersiz yapılmaması gerekir burda amaçlanan egzersiz ile bronkokonstriksiyonun indüklenmemesidir. Sıkı giysilerin olmaması, hastanın boynunun sıkan kravat gibi aksesuarların gevşetilmiş olması gereklidir. Diş protezleri kalabilir, çoğu hasta ağızlığı bu şekilde daha iyi ağız içinde tutabilmektedir. Ancak gevşek protezler ağızlığı tıkayabilir. Bazı hastaların test sırasında oturmaları güç olabilir ve bunun saptanması için önceden hazırlık yapılması gerekebilir. Testi isteyen doktorun bu durumu belirtmesi önemlidir. Kalıcı trakeostomisi olan hastaların solunum fonksiyon devresine bağlanabilmesi için özel aparatlar gerekebilir.

Antropometrik Ölçümler:

Her hastanın beklenen solunum fonksiyon değerlerinin belirlenmesi için farklı ölçümlerin yapılması gerekir. Yaş, boy, cinsiyet ve kilo kaydedilir. Irk, etnik köken de kaydedilir. Doğum cinsiyeti ve etnik köken bilgileri beklenen değerler için belirleyici faktörler olduğu için hastanın cinsiyet bilgisine saygı göstermekle birlikte, doğum sırasındaki cinsiyete göre ulaşılan akciğer boyutunun belirlendiği bilgisi hastaya verilmelidir. Ayrıca Global Lung Function Initiative (GLI) referans değerlerinde etnik köken kategorileri beyaz (yani Avrupa kökenli), Afrika kökenli Amerikalı, Kuzeydoğu Asya, Güneydoğu Asya ve diğer/karma olarak belirlendiği için hastaların etnik köken bilgisinin de verilmesi önem taşır. Hastanın test öncesinde bazal solunum durumu değerlendirilmelidir.

Hasta verilerinin girişi son derece önemlidir, yanlış kayıt yapılması sonucunda beklenen değerlerin düşük ya da olduğundan yüksek belirlenmesi testin yanlış değerlendirilmesine yol açar.

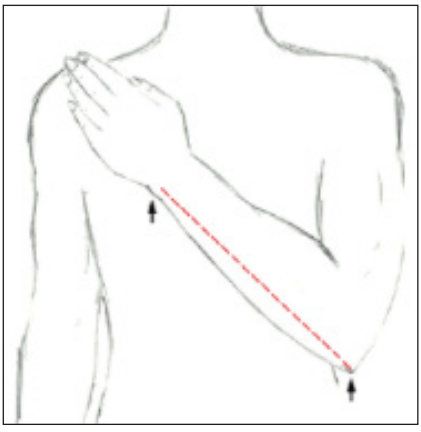
Boy ölçümü:

Kişi ayakta dururken ve ayakkabısız olarak yapılır. Hasta sırtını duvara dayadıktan sonra boy ölçerin başlığı kişinin baş seviyesine göre ayarlanarak boy ölçümü yapılır. Boy, ayakkabısız, ayaklar bitişik, mümkün olduğunca uzun bir posizsyonda, ayakta ve göz hizasında ve tam karşıya bakarak ve sırt bir duvara yaslanmış olarak ölçülmelidir. Hasta ayakta dik olarak duramıyor ise, ulna uzunluğu (çocuklarda) (Şekil 1) ve erişkinlerde

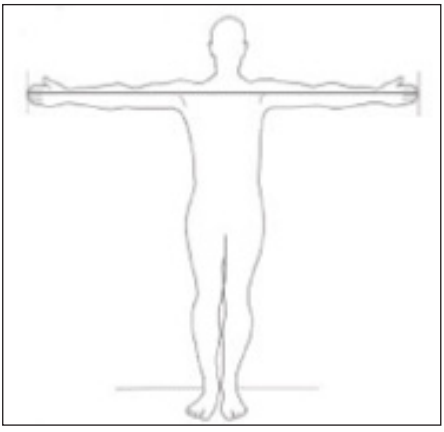
kol açıklığı boyu (Şekil 2) ölçülür. Bu ölçümler kullanılarak boy tahmin edilebilir. Ancak bu tür tahminlerde cinsiyet, yaş ve etnik farklılıklar olduğu kabul edilmektedir. Kifoz, skolyoz, kifoskolyozu olanlarda, boy kişinin kolları iki yana açık olarak dururken, her iki elin orta parmak uçları arasında mesafe mezura ile ölçülür. Buna alternatif olarak, her bir elin orta parmak ucundan skapula düzeyinde vertebranın orta noktasına kadar ölçüm her iki taraftan yapılıp her ikisi toplanarak bu mesafe ölçülebilir. Ardından her iki kol arası ölçülen mesafe/1.06 oranı veya yaş, cinsiyet, ırka göre regresyon analizleri ile boy hesaplanır. Aynı merkezde daha önce boy ölçümü yapılmış olan, 25 yaş ve üzeri kişilerde, sonraki 1 yıl içinde tekrar boy ölçümü yapılması gerekmez. Boy santimetre cinsinden kaydedilir.

Kilo ölçümü:

Hastanın kilosunun doğru ölçümü önemlidir. Hasta ayakkabısız olarak ve kıyafetleriyle tartılır. Çünkü obezite restriksiyona yol açabilir. Vücut kütle indeksi ve kilonun belirlenmesi, azalmış akciğer hacimlerinin (ör: FRC, ERV) yorumlanmasında yardımcı olabilir. Beklenen değerin belirlenmesinde hastanın aktüel kilosunun kullanılması aşırı tahmine neden olacağından doğru değildir. Beklenen değerin hesaplanmasında hastanın ideal vücut ağırlığı kullanılmalıdır.



Şekil 1. Ulna uzunluğu.



Şekil 2. Kol açıklığı boyu.

KAYNAKLAR

1. Ruppel GL.Indications for pulmonary function testing. In: **Manual** of Pulmonary Function Testing. 9th ed 2009, Mosby Elsevier, Chapter 1, sf: 25-27.
2. Miller MR, Crapo J. Hankinson V, et al. ATS/ERS Task Force Standardisation of Lung Function Testing: General considerations for lung function testing. Eur Respir J 2005; 26: 153–161.
3. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care 2019; 200: 8:e70-e88.

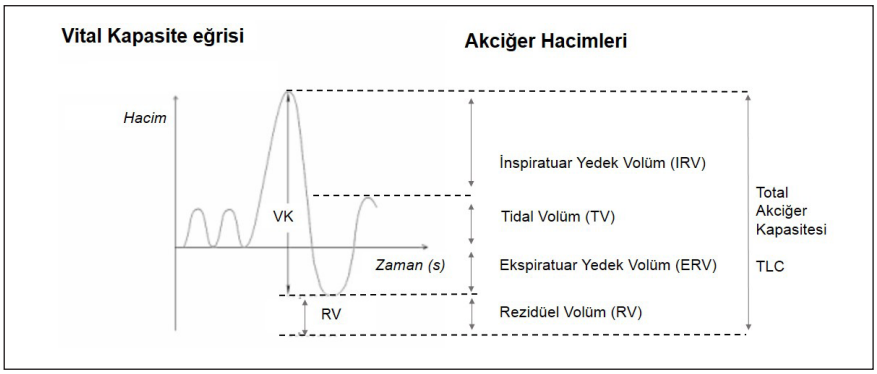
Parametreler

Doç. Dr. Aslı Görek Dilektaşlı

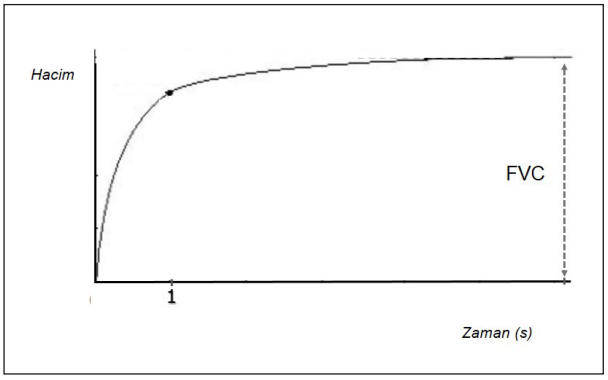
Vital kapasite (VK):

Zorlu veya yavaş vital kapasite manevrası ile inhale veya ekshale edilebilecek maksimum hava hacmini ifade eder. Total akciğer kapasitesi ile rezidüel volüm arasında yer alan toplam hava hacmidir. Vital kapasite iki farklı şekilde ölçülür:

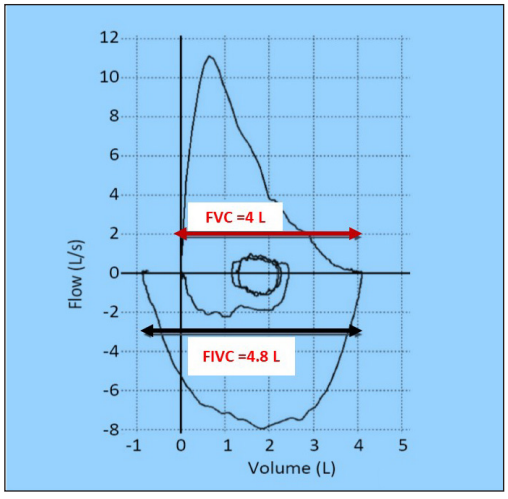
1. Yavaş Vital kapasite (Slow Vital Capacity - SVC): Derin ve maksimum bir inspirasyondan sonra total akciğer kapasitesinden rezidüel volüme kadar yavaş ekshalasyonla akciğerden dışarı atılan hava hacmi ***ekspiratuar vital kapasite (EVC)*** olarak adlandırılır. Rezidüel volümden total akciğer kapasitesine kadar eforsuz inhale edilen hava hacmine ise ***inspiratuar vital kapasite (IVC)*** denir.
2. Zorlu Vital Kapasite (Forced Vital Capacity - FVC): Derin ve maksimum bir inspirasyondan sonra maksimum zorlu ve hızlı bir ekspirasyonla akciğerden dışarı atılan hava hacmidir (Şekil 1, 2). 1. Maksimal inspirasyon, 2. patlayıcı ekspirasyon, 3. En fazla 15 saniye süren tam bir ekspirasyon ve 4. Maksimal akciğer hacmine ulaşan derin inspirasyon olmak üzere dört fazlı manevra ile ölçülür. Derin ve maksimum bir ekshalasyondan sonra maksimum zorlu ve hızlı bir inspirasyonla akciğerde alınan hava hacmi ise ***zorlu inspiratuar vital kapasite (FIVC)***'dir. Maksimal akım volüm halkasını tamamlamak için zorlu ekspirasyon sonunda yeniden total akciğer kapasitesine kadar maksimum eforla alınan hava hacmini ifade eder. FIVC ve FVC'nin karşılaştırılması, bu iki değerin birbirine benzer olması teknisyene zorlu ekspirasyon manevrasının tam bir inhalasyon sonrasında başladığını doğrulamasında yardımcı olur (Şekil 3). Hava yolu obstrüksiyonu olmayan durumlarda vital kapasite, zorlu vital kapasiteye genellikle eşit veya hafif yüksek olup, hava yolu obstrüksiyonu varlığında vital kapasiteden daha yüksektir.



Şekil 1. Akciğer hacimleri ve vital kapasite.



Şekil 2. Hacim – zaman eğrisinde zorlu vital kapasite.

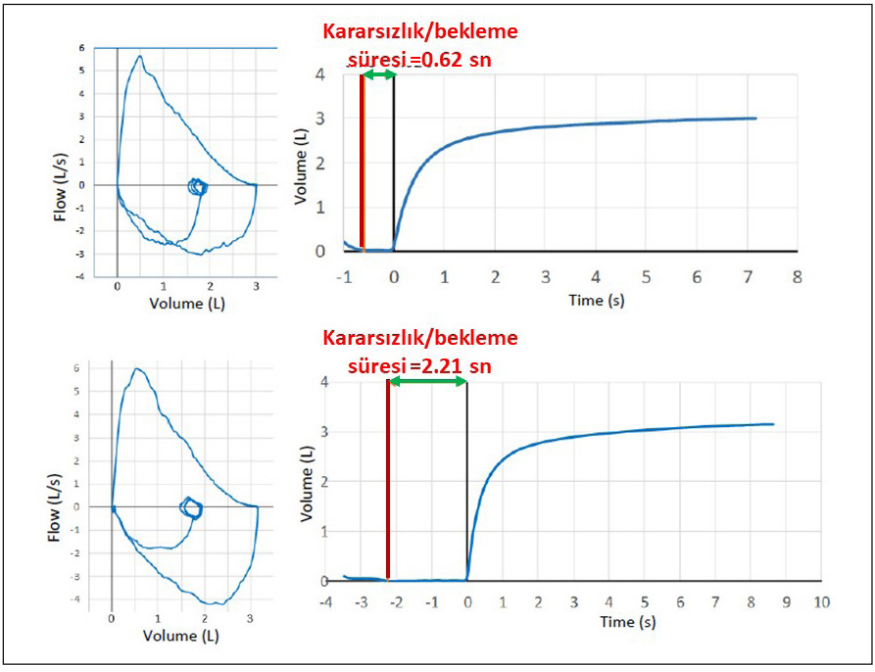


Şekil 3. FIVC > FVC ise, bu hastanın zorlu vital kapasite manevrasına, yeterli bir inspirasyon yaparak TLC noktasına ulaşmadan başladığı anlamına gelir. FVC ve bağlı tüm parametreler düşük ölçülmüştür. FIVC – FVC > 100 ml veya FIVC, FVC'nin %5'inden daha fazla ise bu manevrada kabul edilebilir değildir. Şekil 3'deki akım volüm halkasında belirlenen hem FVC hem FEV_1 değerleri kabul edilebilir değildir.

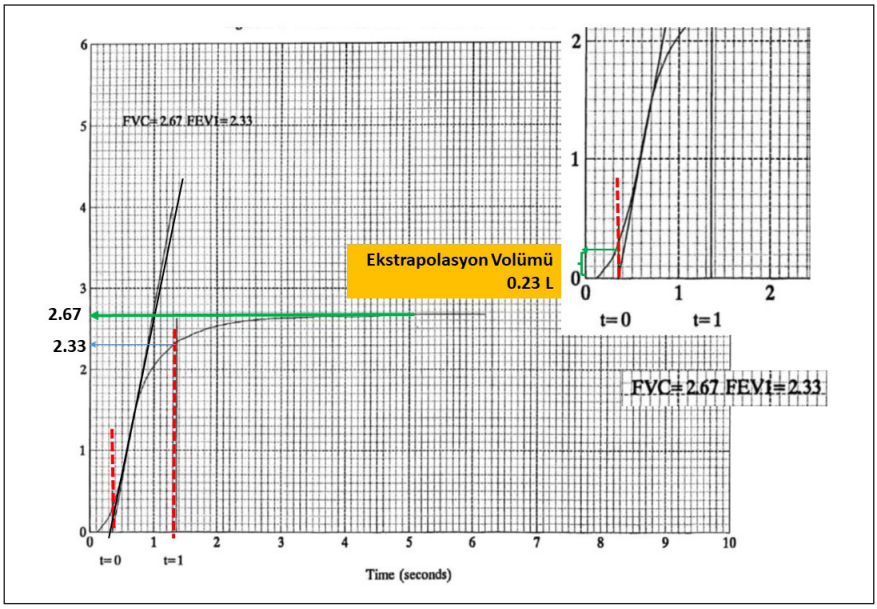
Zorlu ekspirasyon süresi [(forced expiratory time (FET)]: T_0'dan ekspirasyon sonu platoya kadar geçen süre veya inspirasyon başlayana kadar geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Maksimal ve zorlu ekspirasyonun toplam süresini ifade eder. Saniye ile gösterilir. Bir spirometri raporunda mutlaka bulundurulması önerilen bir parametredir.

Back-ekstrapolasyon hacmi (BEV): Maksimal akciğer hacminden, gerçek zorlu ekshalasyon eforunun başladığı T_0 zamanına kadar atılan hava hacmini ifade eder (Şekil 5). Back-ekstrapolasyon hacminin, FVC'nin %5'inden veya 100 ml'den daha düşük olması beklenir. 2005 standartlarında BEV 150 ml iken, 2019 standartlarında tolerans 100 ml'ye indirilmiştir. BEV, 100 ml'yi aşan bir manevrada ölçülen FVC değeri de FEV_1 değeri de kabul edilebilirlik veya kullanılabilirlik kriterlerini karşılamaz.

Kararsızlık /bekleme süresi (hesitation time): Maksimal inspirasyondan sonra gerçek zorlu ekshalasyon eforunun başladığı T_0 zamanına kadar



Şekil 4. Üstteki panelde kararsızlık/bekleme süresi kabul edilebilir düzeyde iken, alttaki panelde bu sürenin 2 saniyeyi aştığı izlenmektedir. Teknisyen sonraki manevra için hastaya derin nefes aldıktan hemen sonra zorlu ekspirasyon manevrasını başlatması yönünde uyarıda bulunmalıdır.



Şekil 5. Back ekstrapolasyon hacmi, volüm-zaman eğrisi.

geçen süreyi temsil eder. 2 saniye veya daha kısa olması gerekir. Sağlıklı bir değerlendirme için volüm zaman eğrisinde zaman ekseninde, zorlu ekspirasyon başlangıç noktasından 1 saniye öncesi yer almalıdır.

Zorlu ekspirasyonun sonlandırma kriteri (EOFE): Daha önceki standartlarda, zorlu ekspirasyon manevrasının doğru sonlandırılması, test sonlandırma kriteri (EOT) olarak yer alırken, yeni standartlarda zorlu ekspirasyon manevrasının dört fazlı olarak incelenmesi ve son fazın maksimal inspirasyon olarak ayrıca tanımlanması nedeniyle artık zorlu ekspirasyon manevrasının doğru sonlandırılması (EOFE) terimi tercih edilmektedir. Sağlıklı bir FVC değeri ölçümü için EOFE kriterinin sağlanmış olması gereklidir. Zorlu ekspirasyonun son 1 saniyesinde ekspire edilen hava hacminde 0.0025 L'den daha az değişim olması (volüm zaman grafisinde volüm eğrisinde platonun sağlanması) veya FET süresinin 15 saniyeye tamamlanmış olmasını ifade eder.

T_0: Zorlu ekspirasyon manevrasının başladığı an.

FEV_t: Zorlu ekspirasyon manevrası sırasında T0'dan belirlenen t zamanına kadar geçen sürede ekshale edilen toplam hava hacmi. FEV_1, FEV_3, FEV_6, $FEV_{0.50}$, $FEV_{0.75}$ gibi.

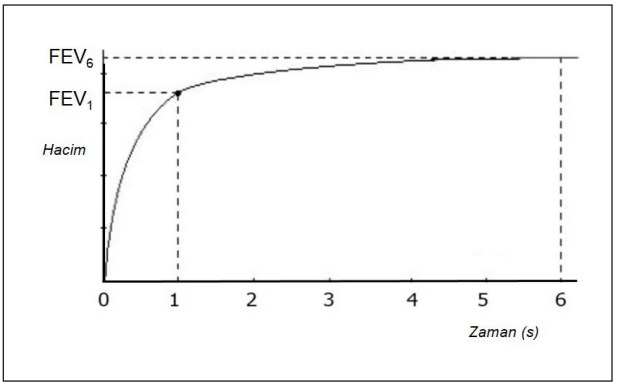
Birinci saniye zorlu ekspiratuar volüm (Forced Expiratory Volume in one second-FEV_1): Maksimum inspirasyonun ardından yapılan zorlu ekshalasyonun birinci saniyesinde dışarı atılan hava hacmidir. Sağlıklı kişilerde birinci saniyede vital kapasitenin %70-90'i dışarı atılır (Şekil 6). Birim olarak L veya ml ile ifade edilmekle birlikte aslında bir akım parametresidir. Kooperasyon ve efora bağımlı bir ölçümdür. FVC'ye bağımlı bir parametre olduğu için sağlıklı FVC ölçümü gerçekleştirilmesi önemlidir. Testin düşük eforla gerçekleştirilmesi, FEV_1'in olduğundan daha düşük ölçülmesine neden olabilir.

Havayolu obstrüksiyonu varlığında FEV_1 azalır. Havayolu dinamiğini yansıtan diğer parametrelere göre daha az değişkenlik gösterdiği için havayolu obstrüksiyonunu değerlendirmede ve şiddetini belirlemede en sık kullanılan parametredir. Restriktif patolojilerde ise FVC'deki azalmaya bağlı olarak azalır.

0.50 veya 0.75. saniye zorlu ekspiratuar volüm (forced expiratory volüme in 0.50 seconds, forced expiratory volüme in 0.75 seconds, $FEV_{0.75}$): FVC manevrası sırasında ilk 0.50 ve 0.75 saniyede ekshale edilen hava hacmini ifade eden parametrelerdir. Özellikle 6 yaş altı çocuklarda hava yolları toplam akciğer hacmine oranla daha geniştir (erişkinlerle karşılaştırıldığında). Bu nedenle 6 yaş altı çocuklar ekspirasyonu 1 saniyeden daha kısa sürede tamamlayabilmektedir. Bu nedenle $FEV_{0.75}$ çocuk yaş grubunda FEV_1 benzeri bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle bu iki parametrenin 6 yaş altı çocuklarda ölçümü önemli olup raporda yer almalıdır. FET 1 saniyeden daha uzun sürdüyse FEV_1 kullanılabilir.

Altıncı saniye zorlu ekspiratuar volüm (Forced Expiratory Volume in six seconds-FEV_6): Maksimum inspirasyonun ardından yapılan zorlu ekshalasyonun altıncı saniyesinde dışarı atılan hava hacmidir (Şekil 4). Sağlıklı kişilerde bu değer, FVC ile benzerdir. Ağır hava yolu obstrüksiyonu nedeniyle tam ekshalasyon için daha uzun süre (15-20 saniye) gerekenlerde, yaşlılarda veya senkop riski olanlarda FVC yerine FEV_6'yı kullanmanın hasta için daha konforlu olduğu ve daha az değişken ölçüm ile sonuçlandığı ileri sürülmektedir.

FEV_1 /FVC (Tiffeneau oranı): En az üç kabul edilebilir FVC manevrasından elde edilen en yüksek FEV_1 ve en yüksek FVC değerleri (farklı manevralardan elde edilebilir) kullanılarak hesaplanır. FEV_1 /FVC × 100 formülüyle hesaplanır. Eğer hem VC hem FVC değeri ölçüldüyse FEV_1 / VC oranı kullanılabilir. FEV_1 /FVC ve FEV_1 /VC, hava yolu obstrüksiyonun değerlendirilmesine kullanılan en iyi standardize edilmiş parametrelerdir.



Şekil 6. Spirometri sırasında elde edilen volüm – zaman eğrisinde birinci ve altıncı saniye zorlu ekspiratuar volümler.

Ayrıca, obstrüktif ve restriktif paternlerin ayrımında kullanılmaktadır. Sağlıklı kişilerde FEV_1/FVC oranı %70-80'dir, yaşla birlikte bu değer azalır %65 -70'e düşebilir. Bu nedenle, sabit bir oran ile anormalliğin değerlendirilmesi, yanlış yorumlara neden olabilmektedir. 5. persentil, normalin alt limiti (lower limit of normal - LLN), beklenen alt değer olarak kullanılmalıdır.

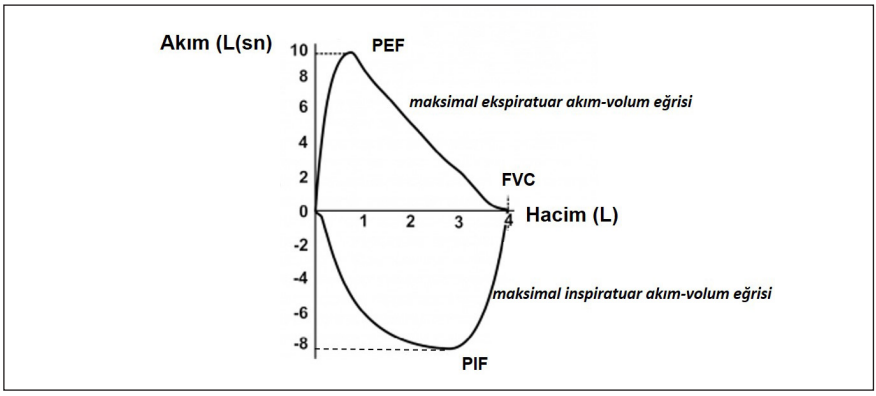
Maksimal ekspirasyon ortası akım hızı ($FEF\%_{25-75}$): FVC manevrasının %25 ile %75'i (FVC'nin orta yarısındaki) arasındaki ortalama akım hızıdır, L/saniye ile ifade edilir. Küçük hava yollarındaki obstrüksiyonu gösterdiği düşünülmektedir. Değişkenliğinin fazla olması, FEV_1'e göre tekrar edilebilirliğinin daha düşük olması en önemli dezavantajlarıdır. FVC'ye bağımlı bir parametredir, bu nedenle sağlıklı FVC ölçümü gerçekleştirilmesi önemlidir.

Ekspiratuar akım hızları ($FEF\%_{50}$ ve $FEF\%_{75}$): FVC manevrası sırasında zorlu vital kapasitenin %50 ve %75'indeki maksimal ekspiratuar akım hızlarıdır. Ancak, özellikle astımlı hastalarda gün içerisinde veya farklı zamanlarda havayolu obstrüksiyonu değişkenliğinin izlenmesinde, yani bireyin farklı zamanlarındaki varyasyonunun izlenmesinde değerli bir parametredir. PEF'de giderek azalma ve PEF değişkenliğinde artış astımın kötüleştiğini gösterir. PEF takibi astımlı hastaların ev takibinde ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde önemlidir.

Akım volüm eğrisi

Derin ve maksimum bir inspirasyondan sonra maksimum zorlu ve hızlı bir ekspirasyon yapılarak gerçekleştirilen FVC manevrası sırasında

elde edilir. FVC manevrası sırasında *x* ekseninde volüm değişikliğine karşı *y* ekseninde akım değişikliğini gösteren grafiktir. Akım-volüm halkası, total akciğer kapasitesinde (TLC) hızlı ve zorlu maksimal bir ekspiryumla rezidüel volüm (RV) seviyesine kadar süren ***maksimal ekspiratuar akım-volum eğrisi*** ile rezidüel volüm (RV) seviyesinden başlayan derin ve hızlı maksimal bir inspiryumla total akciğer kapasitesi (TLC) seviyesine kadar süren ***maksimal inspiratuar akım-volum eğrisinden*** olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır (Şekil 4). FVC, PEF ve PIF eğriden doğrudan okunabilir.



Maksimal ekspiratuar akım-volum eğrisinden FVC, FEV_1, PEF, $FEF_{25-75\%}$, $FEF_{25\%}$, $FEF_{50\%}$, $FEF_{75\%}$, maksimal inspiratuar akım-volum eğrisinden ise FIVC, FIV_1, PIF, $FIF_{25-75\%}$, $FIF_{25\%}$, $FIF_{50\%}$, $FIF_{75\%}$, ölçülebilir. PEF ekspirasyon eğrisinin efor bağımlı kısmını yansıtır ve büyük hava yolları hakkında bilgi verir. $FEF_{50\%}$ ve $FEF_{75\%}$ eğrinin efor bağımsız kısmını yansıtır ve periferik- küçük hava yolları hakkında bilgi verir.

Akım-volüm halkası *test başlangıç* kriterlerine uyum hakkında kapsamlı bilgi verir. Maksimal inspirasyonun bitiminden sonra zorlu ekspirasyon manevrası başladığında PEF'e hızlı (<120 milisaniye) ulaşılması gerekmektedir. Bu bölüm ekspirasyona başlarken sarfedilen eforu yansıtır. Buna karşılık volüm-zaman grafiği *test sonlandırma* kriterlerine uyum hakkında daha iyi bilgi verir. Akım tekrar "*0*" noktasına, yani bazal düzeyine inene kadar glottik kapanma, hava akımında kesilme gibi artefaktların olmaması gereklidir. En az üç kabul edilebilir akım-volüm halkası elde edilmelidir. Bu üç kabul edilebilir manevradan *en iyi test* (en yüksek FEV_1 ve FVC toplamını veren test) manevrasındaki eğri raporlamaktadır. Akım-volüm halkasının şeklindeki değişiklikler havayolu obstrüksiyonunun tanısı ve

obstrüksiyon düzeyi hakkında önemli bilgiler verir. Akım-volüm halkası aracılığıyla görsel olarak havayolu obstrüksiyonu veya restriksiyon varlığı değerlendirilebilir.

Zirve (tepe) akım hızı (Peak Ekspiratory Flow-PEF): FVC manevrası sırasında ulaşılan maksimum ekspiratuar akım hızıdır. Maksimum inspirasyonu takiben maksimum patlayıcı tarzdaki ekspirasyon sırasında ilk 1 saniyelik efor sonrası elde edilen değerdir. Maksimum inspirasyon sonrasında ekspirasyona başlamada gecikme olursa PEF değeri düşük ölçülür. Maksimal ekspiratuar akım-volüm eğrisinden kolaylıkla elde edilebilir ve görsel olarak değerlendirilebilir**.** Efor, vital kapasite ve hasta kooperasyonuna bağımlıdır. Spirometri ile ölçüldüğünde L/sn olarak, PEF-metre ile ölçüldüğünde L/dk olarak belirtilir. Sağlıklı kişide büyük hava yolları (trakea ve santral hava yolları) çapını ve ekspiratuar solunum kasların gücünü yansıtır. Ancak değişkenliği yüksek bir parametre olduğundan havayolu obstrüksiyonunun değerlendirilmesi için uygun bir parametre değildir.

KAYNAKLAR

1. Cooper B, Hunt J, Kendrick AH, Moore V, Watts T. Practical Handbook of Spirometry. 3rd ed. Association for Respiratory Technology and Physiology, Latimer Trend and Company Ltd, Plymouth, UK.
2. Yıldırım N, Demir T. Klinik solunum fonksiyon testleri. İkinci baskı, İstanbul: Macenta Eğitim Yayıncılığı Ltd Şti, 2011.
3. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. ATS-ERS taskforce: Standardisation of Lung Function Testing. Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005; 26: 319-38.
4. Ruppel GL. Manual of pulmonary function testing. Seventh edition. St. Louis, Mosby, 1998.
5. Kıyan E. Spirometrik Ölçümler. Solunum Fonksiyon Testleri. In: Sevgi Bartu Saryal, Gaye Ulubay (Eds). Toraks Kitapları 16. Aves Yayıncılık, 2012. pp:40-55.
5. Vandevoorde J, Verbanck S, Schuermans D, et al. FEV1/FEV6 and FEV6 as alternative for FEV1/FVC and FVC in the spirometric detection of airway obstruction and restriction. Chest 2005; 127: 1560-4.
6. Crenesse D, Berlioz M, Bourrier T, Albertini M. Spirometry in children aged 3 to 5 years: reliability of forced expiratory maneuvers. Pediatr Pulmonol 2001:32:56-61.
7. Perez-Padilla R, Wehrmeister FC, Celli BR, et al; PLATINO Team. Reliability of FEV1/FEV6 to diagnose airflow obstruction compared with FEV1/FVC: The PLATINO longitudinal study. PLoS One 2013;8:e67960.
8. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et. al. Standardization of Spirometry 2019 Update: An Offical American Thoracic Society and European Respiartory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care 2019;200 (8):70-88.

Referans Değerler

Doç. Dr. Aslı Görek Dilektaşlı

Spirometri ve solunum fonksiyon testlerinde elde edilen ölçümlerin değerlendirilmesi için, referans ve sağlıklı bir popülasyondan elde edilen normal değerleri yansıttığı kabul edilen "*referans değerlerin*" bilinmesi gerekmektedir. Solunum fonksiyon testleri genellikle aynı bireyde zaman içerisinde tekrarlanması gerekli ölçümler olduğu için, testin değerlendirilmesinde kullanılacak *referans değerler*in seçimi sağlıklı bir değerlendirme için oldukça önemlidir.

Solunum fonksiyon testlerinde *referans değerler*, akciğer hastalığı öyküsü bulunmayan, sigara veya çevresel hava kirleticiler gibi risk faktörlerine maruziyeti bulunmayan veya çok düşük düzeyde maruziyeti olan *sağlıklı bireylerden* oluşan büyük araştırma gruplarından elde edilen ölçümlerin istatistiksel analizine dayanmaktadır. Tüm solunum fonksiyon ölçümleri, sağlıklı bireyler arasında da değişkenlik göstermektedir. ***Yaş***, ***cinsiyet ve boy*** gibi fiziksel özellikler, solunum fonksiyon testlerinde ölçülen parametreler üzerine belirgin etkisi olan değişkenlerdir. Bu bilgilerden hareketle, bir bireyin yaş, boy gibi fiziksel ölçümlerinden solunum fonksiyonları için beklenen değerlerin tahmin edilebileceği doğrusal regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Bir diğer yandan örneklem yapılan popülasyondaki sağlıklı bireylerin, beslenme, eğitim düzeyleri ve yaşadıkları ortamdaki çevresel faktörler de solunum fonksiyonlarını etkilemektedir. Bu nedenle dünyada bireyler arasında solunum fonksiyon parametreleri arasında gözlenen farklılıklar çok faktörlü olup henüz tam olarak anlaşılmış değildir.

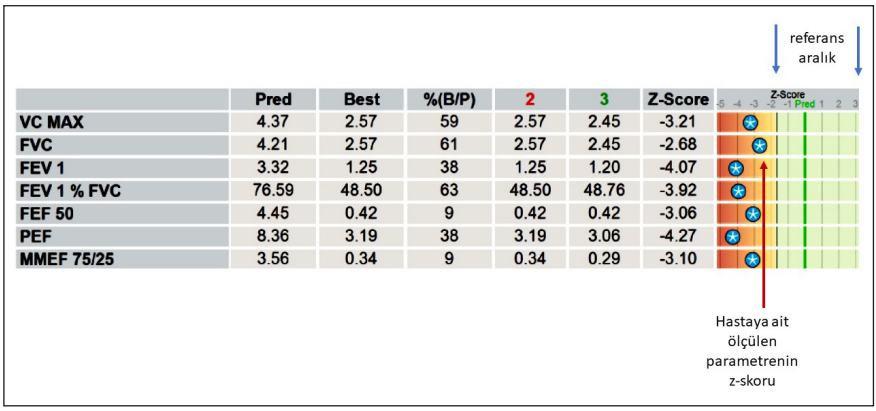
Boy, akciğer boyutundan ziyade göğüs kafesi boyutunu yansıtan bir parametredir. Popülasyonlar arasında boy ve vücut proporsiyonları arasında farklılıklar gözlenmektedir. Bu nedenle boyun solunum fonksiyon testi öncesi sağlıklı bir şekilde ölçülerek sisteme kaydedilmesi, o hasta için beklenen değerlerin doğru hesaplanması ve sonuçların doğru yorumlanabilmesi için elzemdir. ***Yaş***, akciğer gelişimi üzerine dolayısıyla solunum fonksiyon parametreleri üzerine etkisi olan bir diğer önemli değişkendir. Özellikle çocukluk döneminde boy gibi somatik büyüme göstergeleri ile kronolojik yaş orantılı artar. Hızlı büyüme evreleri ve puberte sırasında boy ve torasik hacim arasında orantısız büyüme gözlenebilir. Yaşlılarda

ise göğüs duvarı genel yapısında sertleşme, göğüs duvar kasları ve akciğer elastisitesinde değişim izlenir. Solunum fonksiyon testi öncesinde doğum tarihinin gün/ay/yıl olarak kaydedilmesi ve yaş bilgisinin aylık hassasiyetle sisteme kaydedilmesi beklenen değerlerin doğru hesaplanması için çok önemlidir. Ay farkından doğan yaş küsuratı beklenen değerlerin hesaplanmasında ±%3'lük farklılığa neden olabilir. ***Cinsiyet***, boydaki değişiklikten bağımsız olarak solunum fonksiyonlarını belirleyen bir diğer önemli değişkendir. Biyolojik cinsiyet olarak kaydedilmelidir.

Irk ve ***etnik köken***, vücut ölçümlerini etkileyen değişkenlerdir. Ancak kişinin yaşadığı coğrafya, beslenme ve yaşam koşulları etnik kökenden bağımsız olarak vücut ve akciğer gelişimine etki etmektedir. Bu nedenle ırkın sabit bir değişken olarak dikkate alınarak beklenen akciğer fonksiyon parametrelerinin hesaplanması yaklaşımı artık önerilmemektedir. Bu nedenle ***kişinin yaşamını sürdürdüğü popülasyon*** verisinin dikkate alınması önerilmektedir. Aşağıda bahsedeceğimiz GLI normları benzer bir popülasyon yaklaşımını benimsemiş, toplam dört popülasyon (Beyaz ırk, Afro-Amerikan, Kuzey Asya, Güney Asya) ve bir de "diğer" seçeneği eklenmiştir.

Amerikan Solunum Derneği (ATS) /Avrupa Solunum Derneği (ERS) 2005 yılında yayımladıkları ortak uzlaşı raporunda, Amerika için 8–80 yaş arası bireyleri temsil eden Hankinson normlarının; 8 yaş altındaki çocuklar için, özellikle çocukların değerlendirildiği Wang tarafından tanımlanan referans denklemlerin kullanılmasını önermişti. Bu uzlaşı, Avrupa'da ise erişkinlerde Avrupa Kömür ve Çelik Birliği ECSC/ERS tarafından 1993 yılında yayımlanan referans denklemlerini, çocuklarda ise Quanjer'in tanımladığı pediatrik normların kullanılmasını önermişti. Ülkemizde de ECSC/ERS tarafından 1993 yılında yayımlanan referans denklemleri yaygın olarak kullanılagelmiştir (Şekil 1). Ancak, ATS /ERS 2005 yılı ortak uzlaşı raporu, daha güncel referans normların tanımlanmasına gereksinim olduğunu belirtmiştir. 2019 yılında yayınlanan ATS/ERS Spirometri Standartları teknik raporu ve 2022 yılında yayınlanan ATS/ERS Spirometri Değerlendirme önerileri *GLI referans değerlerinin* kullanılmasını önermektedir.

Seçilen referans değerler *beklenen değer* olarak kabul edilerek, ölçülen solunum fonksiyon parametresi, *beklenenin yüzdesi* olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşım, o birey için beklenen normal referans aralık hakkında bilgi vermemektedir. Sağlıklı sigara içmeyen referans bir popülasyonda elde edilen tüm değerlerden 5. persentili *normalin alt sınırı* (*lower limits of normal*) olarak değerlendirmeyi önermiştir.

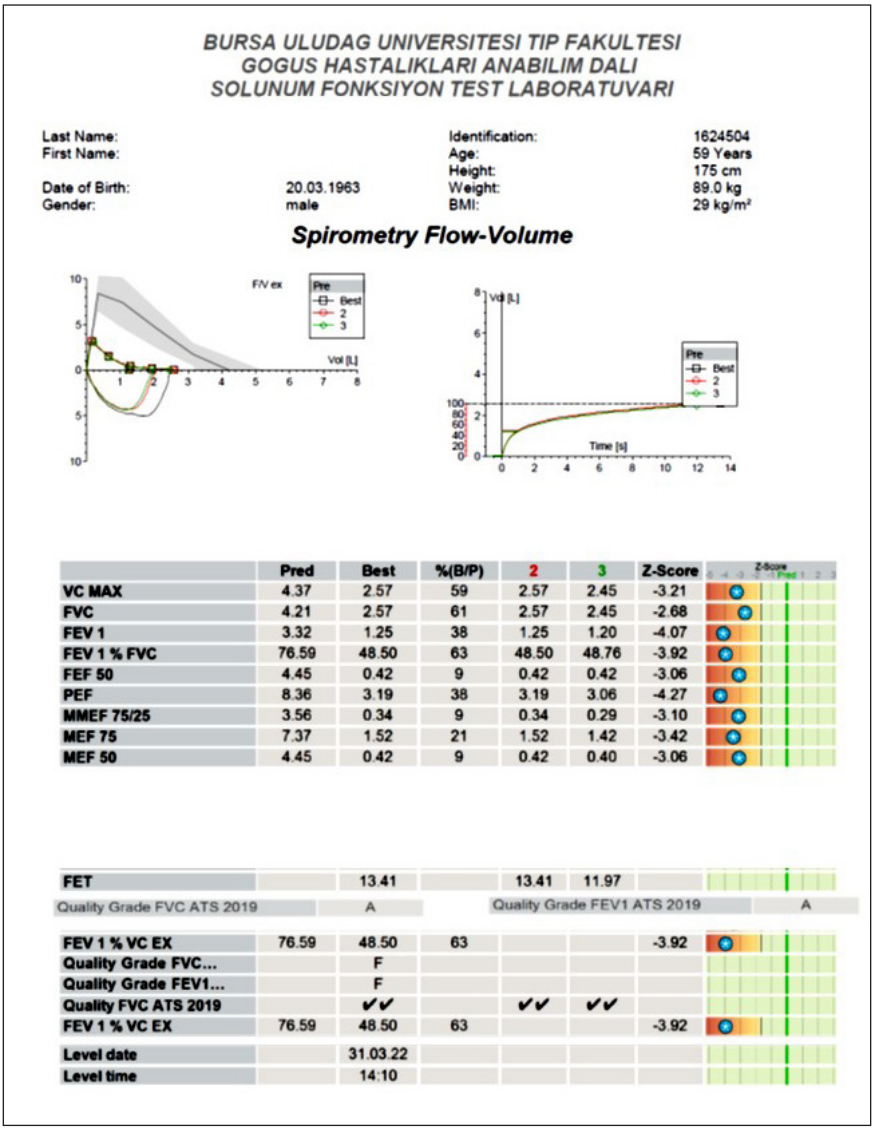


	Pred	Best	%(B/P)	2	3	Z-Score
VC MAX	4.37	2.57	59	2.57	2.45	-3.21
FVC	4.21	2.57	61	2.57	2.45	-2.68
FEV 1	3.32	1.25	38	1.25	1.20	-4.07
FEV 1 % FVC	76.59	48.50	63	48.50	48.76	-3.92
FEF 50	4.45	0.42	9	0.42	0.42	-3.06
PEF	8.36	3.19	38	3.19	3.06	-4.27
MMEF 75/25	3.56	0.34	9	0.34	0.29	-3.10

Şekil 1. Piktogram üzerinde yer alan yeşil barlar FEV_1, FVC, FEV_1/FVC değerleri için z-skorunun -1.64'ün üzerinde olduğu (beklenen alt değerlerin üzerinde, > 5. persentil) referans aralığı göstermektedir. Açık turuncu barlar, z-skorunun -1.64 ile -1.96 (2.5 sentilin altında) arasında olduğu aralığı; koyu turuncu barlar ise z-skorunun -1.96'dan düşük olduğunu göstermektedir.

1971 yılından günümüze pek çok sayıda farklı referans denklem tanımlanmıştır. Farklı referans denklemleri aynı cins, boy ve yaştaki bir hasta için uyarlandığında, hesaplanan beklenen FEV_1 değerinin, seçilen formüle göre bir diğerinden yaklaşık 1 Litre farklılık gösterebileceği gözlenmektedir. Bu nedenle, 2012 yılında Global Solunum Fonksiyon İnisiyatifi tarafından 33 ülkede 72 farklı merkezden 3 - 95 yaş arasında bulunan ve pek çok etnik kökeni barındıran büyük bir sağlıklı populasyonun solunum fonksiyon testleri değerlendirilerek geliştirilen *GLI referans değerleri* tanımlanmıştır. Günümüzde GLI referans değerleri hem spirometri, hem karbonmonoksit diffüzyon testi hem de akciğer volümleri için tanımlanmıştır.

Bu yeni yaklaşım, solunum fonksiyon test sonuçlarının raporlanması aşamasına da yenilikler getirmektedir. Hastanın mutlak ölçümleri korunurken, bir diğer yandan da FEV_1, FVC, FEV_1/FVC, $FEV_{\%25-75}$, $FEF_{\%75}$ değerlerinin z-skorları, beklenen normal referans değer aralığının da belirli olduğu bir piktogram üzerinde işaretlenmektedir. Burada FEV_1, FVC, FEV_1/FVC değerleri için z-skorunun -1.64'den düşük olmasının (< 5. persentil) normalin alt sınırı olarak tanımlanmasını önermektedir. Normalin alt sınırı kavramı mutlak patofizyolojik anormalliği işaret etmemektedir. Bu nedenle hastalık tanısı koyduran kesin bir limit değer gibi düşünülmemesi gerekir. Değerlendirirken test sahibi birey ile benzer yaş, boy ve aynı cinsiyetteki bireylerde ölçülen solunum fonksiyon testleri ile karşılaştırma



BURSA ULUDAG UNIVERSITESI TIP FAKULTESI
GOGUS HASTALIKLARI ANABILIM DALI
SOLUNUM FONKSIYON TEST LABORATUVARI

Last Name:		Identification:	1624504
First Name:		Age:	59 Years
		Height:	175 cm
Date of Birth:	20.03.1963	Weight:	89.0 kg
Gender:	male	BMI:	29 kg/m²

Spirometry Flow-Volume

	Pred	Best	%(B/P)	2	3	Z-Score
VC MAX	4.37	2.57	59	2.57	2.45	-3.21
FVC	4.21	2.57	61	2.57	2.45	-2.68
FEV 1	3.32	1.25	38	1.25	1.20	-4.07
FEV 1 % FVC	76.59	48.50	63	48.50	48.76	-3.92
FEF 50	4.45	0.42	9	0.42	0.42	-3.06
PEF	8.36	3.19	38	3.19	3.06	-4.27
MMEF 75/25	3.56	0.34	9	0.34	0.29	-3.10
MEF 75	7.37	1.52	21	1.52	1.42	-3.42
MEF 50	4.45	0.42	9	0.42	0.40	-3.06

FET		13.41		13.41	11.97	
Quality Grade FVC ATS 2019		A		Quality Grade FEV1 ATS 2019		A
FEV 1 % VC EX	76.59	48.50	63			-3.92
Quality Grade FVC...		F				
Quality Grade FEV1...		F				
Quality FVC ATS 2019		✔✔		✔✔	✔✔	
FEV 1 % VC EX	76.59	48.50	63			-3.92
Level date		31.03.22				
Level time		14:10				

yapıldığı, referans grubun %5'inin bu limit altında yer aldığı akılda bulundurulmalıdır.

Z-skorları ile yapılan değerlendirme test sonuçlarının kolayca görsel olarak da değerlendirilmesi mümkün olmaktadır (Şekil 1). Söz konusu değerlendirme bronkodilatörlü test uygulandığında, bronkodilatör öncesi ve sonrası z-skorlarını da piktogram üzerinde işaretlemektedir.

Solunum fonksiyon testleri tarama amacıyla uygulandığında, yalancı pozitifliğin azaltılması için beklenen alt değerin 2.5 sentil olarak alınması yani z-skorunun -1.96'nın altında olmasının anormal olarak değerlendirilmesi önerilirken; daha önceden bilinen akciğer hastalığı bulunan, solunumsal yakınmaları olan bireylerde normalin alt sınırının 5. persentil, yani z-skorunun -1.64'ün altında olmasının patolojik olarak değerlendirilmesi önerilmektedir. Standardize z-skorları aracılığıyla farklı merkezlerde yapılan ölçümler arasında bir standardizasyon sağlanabileceği öngörülmektedir. Pek çok ülkede 2012 GLI normlarının geçerliliği test edilmiştir. Ancak, GLI normlarının rutin hasta değerlendirmesinde kullanılabilmesi için cihaz sağlayıcıların GLI normlarını cihaz yazılımlarına adapte etmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ruppel GL, Enright PL. Pulmonary function testing. Respiratory Care 2012: 57(1): 165-175.
2. Ruppel G. Manual of pulmonary function testing. Mosby Incorporated, 2003.
3. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general US population. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 1999: 159(1): 179-187.
4. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo R, Burgos F, Casaburi Rea, Coates A, Van Der Grinten C, Gustafsson P, Hankinson J. Interpretative strategies for lung function tests. European Respiratory Journal 2005: 26(5): 948-968.
5. Wang X, Dockery DW, Wypij D, Fay ME, Ferris BG. Pulmonary function between 6 and 18 years of age. Pediatric Pulmonology 1993: 15(2): 75-88.
6. Quanjer PH, Tammeling G, Cotes J, Pedersen O, Peslin R, Yernault J. Lung volumes and forced ventilatory flows. European Respiratory Journal 1993: 6(Suppl 16): 5-40.
7. Quanjer PH, Brazzale DJ, Boros PW, Pretto JJ. Implications of adopting the Global Lungs Initiative 2012 all-age reference equations for spirometry. European Respiratory Journal 2013: 42(4): 1046-1054.
8. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, Enright PL, Hankinson JL, Ip MS, Zheng J, Stocks J. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. European Respiratory Journal 2012: 40(6): 1324-1343.
9. Cooper B, Hunt J, Kendrick AH, Moore V, Watts T. Practical Handbook of Spirometry. 3rd ed. Association for Respiratory Technology and Physiology, Latimer Trend and Company Ltd, Plymouth, UK.
10. Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, et. al. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. Eur Respir J 2017;50:1700010.

11. Hall GL, Filipow N, Ruppel G, et. al. Official ERS technical standard: Global Lung Function Initiative reference values for static lung volumes in individuals of European acestry. Eur Respir J 2020;57:2000289.
12. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller M, et. al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. Eur Respir J 2022; 60(1):2101499.

Zorlu Vital Kapasite Ölçümü

Prof. Dr. Gaye Ulubay

Zorlu vital kapasite (FVC), derin bir inspiryumu takiben olabildiğince hızlı ve güçlü bir şekilde akciğerlerden dışarıya verilen havanın ölçümü ile elde edilen maksimum hacimdir. FVC ölçümü sonrasında FVC'nin içinden FEV1, FEV3, FEV6, FEF%25, FEF%25-75, FEF50, FEF75, PEF gibi diğer spirometri değerleri elde edilir. FVC ölçümünde sonuçların doğruluğu için doğru ölçüm tekniği zorunludur. FVC manevrası dört fazdan oluşarak yapılır. Bunlar; 1. maksimal inspirasyon, 2. Patlayıcı bir ekspirasyon, 3. En fazla15 saniyeye kadar uzayan maksimum bir ekspirasyon, 4. Ekspirasyonun sonunda en yüksek akciğer hacimlerine geri yükselecek şekilde maksimum akımlarda bir inspirasyon.

Teknik:

- Test manevralarının nasıl yapılacağı teknisyen tarafından hastaya önce sözel olarak anlatılmalı daha sonra görsel olarak gösterilmelidir.
- Testi yaptıran teknik personel Tablo 1'de verilen basamaklara uymalıdır.
- Cihaz kalibrasyonu tamamlanır.
- Kalibrasyon sonrasında hasta dik bir şekilde oturur pozisyonda iken ölçüm yapılır.
- Sırt bölümü dik, kollu bir sandalye/ koltukta ölçümlerin yapılması önerilir (Resim 1).
- Ölçüm sırasında burun klipsi (mandal) kullanılması önerilir. Ölçüm için kullanılan ağızlık çevresinden dudaklardan kaçak olmamalıdır.
- Ölçüm öncesi cihazın sıfır akışta olduğu görülmelidir.
- Sıfır akış görüldükten sonra hasta cihaz ağızlık kısmına yerleştirilir ve 3-4 kez normal sakin soluması (birbirine yakın hacimlerde sakin tidal soluk hacmi eğrileri görülür) istenir, istirahat fonksiyonel rezidüel kapasitesi (FRC) sağlanır.

- Hasta tidal soluk hacminin sonunda istirahat FRC'si düzeyinde iken hızla TLC hacmine ulaşacak şekilde çok derin bir nefes alması istenir. Bu manevra sırasında hastanın maksimum nefesini aldığından emin olunmalı ve hasta komutlarla motive edilmelidir. Manevralar sırasında hastanın ekrandan kendi inhalasyon/ekshalasyon akış grafiğini izleyebileceği şekilde ayarlanan ekran teste hasta uyumunu artırabilir.
- Derin nefes almayı takiben hastayı bekletmeden (en fazla 2 saniye bekleyebilir derin nefes alma sonrasında) hızla akciğerlerindeki bütün havayı dışarı doğru üflemesi (ekshalasyon) istenir.
- Ekspiryum sırasında, hastanın tüm havayı dışarıya boşalttığından, hastanın rezidüel volüm seviyesine ulaştığından emin olunana dek ekspiryumun tamamlanması beklenir.
- Hastanın akciğerlerindeki tüm havanın dışarı atıldığından emin olunduğunda [rezidüel volüm seviyesinde ve son 1 sn boyunca hiç volüm değişikliğinin (en fazla 0.025L) olmadığı yani platoya ulaşıldığı ya da 15 saniyeye kadar zorlu ekshalasyonun sürdürüldüğü durumdur] ekspiryum sonlandırılır (Şekil 1). Restriktif patolojisi olan ve yüksek elastik geri çekilme nedeniyle "konveks" akım volüm eğrisi çizen hastalarda ekshalasyon sırasında akciğerler normalden daha erken boşalabilir ve konveks akım volüm halkasının tanınarak ekshalasyon 15'saniyeye ulaşmadan plato görülmesi ile ekspirasyonun sonlandırılması ve 2. inspirasyona yani FVC manevrasının 4.fazına geçilmesi uygundur.
- Zorlu ekspirasyonun sonunda zorlu vital kapasiteyi ölçmek için hastaya maksimum akciğer hacmine (total akciğer kapasitesi) ulaşacak şekilde deri bir inspirasyon yaptırılır ve böylece zorlu inspiratuvar vital kapasite (FIVC) ölçülür. Spirometri manevrası tamamlanmış olur ve hasta cihazdan ayrılır.
- Akım-volüm halkasında inspiryum ve ekspiryum eğrisi birbirini tamamlamalıdır. FIVC ve FVC grafiklerinin maksimum hacimde buluşması test yapılan kişinin FVC'ye gerçekten en yüksek hacmi olan TLC'den başladığını gösterecektir.
- Başarılı bir koçluk ile 2.5 yaş üzerindeki çocuklar yeterli bilişsel ve nöromotor beceriye sahip iseler kabul edilebilir spirometri yapabilir.
- Tamamlanmayan eğri, test yapım kusurunu veya cihazın kalibrasyon hatasını gösterir.

- Üç kabul edilebilir FVC manevrası elde edilinceye kadar en fazla 8 FVC manevrası yaptırılabilir. Hastanın daha fazla zorlanması solunum kaslarının yorulması ve test sonuçlarını etkilemesi nedeni ile önerilmez.

Tablo 1. FVC Manevra Prosedürü (1 no'lu kaynaktan uyarlanmıştır).

El yıka/ El antisepsisi
Hasta hazırlığı Hasta el antisepsisi Hasta yaş, cins, ırkını belirle Boy ve ağırlığı ayakkabısız ölç İlaç kullanımı, kontrendikasyonlar ve solunum semptomlarına dikkat et
Testi anlat ve göster **Ağızlık, nazal klip** Oturuş baş bozisyonu Full inhalasyon Tüm hava boşalana kadar ekshalasyon Maksimal eforla full inhalasyon Testi anladığını kontrol et ve onayını al
Manevrayı yap Hasta pozisyonunu ver Nazal klip tak, ağızlığı yerleştiri, ağızlık, dudak çevresini kapalı tut Normal soluk alıp verme Tam inspirasyon ve ardından hızlı ekspirasyon (TLC de en fazla 2 sn bekleyebilir) Akciğerlerdeki tüm hava çıkana kadar ve hasta dik duruş pozisyonunu koruyarak tam ekshalasyon Tüm akciğerleri dolduracak şekilde tam bir inspirasyon Etkili yönetimle gerektiği kadar test tekrar et En az 3 test en fazla 8 test yap FEV1 ve FVC'yi tekrarlanabilirlik için kontrol et ve gerekli ise tekrar test yap
Sadece ekspirasyon ölçen cihazlar için Hasta doğru pozisyonda mı kontrol et Nazal klip Tam inspirasyon, ağızlığı yerleştir Akciğerlerdeki tüm hava çıkana kadar ve hasta dik duruş pozisyonunu koruyarak tam ekshalasyon En az 3 test en fazla 8 test yap FEV1 ve FVC'yi tekrarlanabilirlik için kontrol et ve gerekli ise tekrar test yap

Manevra İçi Değerlendirme

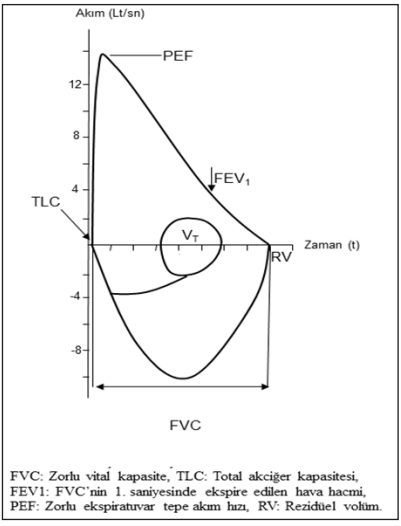
Back-extrapolation yöntemi: Volüm-zaman grafiğinde PEF noktasında ve PEF'e eşit eğimde bir teğet çizilir. Back-extrapolation hacmi (BEV), maksimum akciğer hacminden time 0'a kadar akciğerlerden ekshale edilen gaz

hacmidir ve FEV1 ile FVC'nin içinde yeralan bir kısımdır. FEV1'in maksimal bir efordan geldiğini sağlamak amacıyla BEV, FVC'nin %5'inden ya da 0.100L'den küçük olmalıdır (hangi değer daha küçük ise o dikkate alınır). Limitlerin üstünde BEV değeri olan bir manevradan elde edilen FEV1 ve FVC değeri kabul edilemez ve kullanılamaz. Bu nedenle BEV değeri limit üstünde olan manevralarda kullanılan güncel yazılımlı cihazlar uyarı verecektir. Üst havayolu obstrüksiyonu ya da nöromüsküler hastalığı olan kişilerde manevra hızının düşük olacağı ve bu nedenle BEV limitinin aşılacağı bilinmeli, bu durum testi yapan kişi tarafından ayırd edilmeli ve test kabul edilerek testi isteyen kişiye bilgi verilmelidir.

Zorlu ekspirasyonun sonlandırılması (end of forced expiration: EOFE): 1. Ekspirasyon sonunda akciğerlerden tüm havanın boşaltıldığını gösteren bir plato görülmesi en önemli EOFE kriteridir ve test sonlandırılmalıdır. 2. Testi yapan kişinin ekspirasyonunun 15 saniyeye ulaşması. Bu durumda zorlu ekspirasyon tamamlanmış kabul edilir ve sonlandırılarak FVC manevrasının 4. fazı olan FIVC ölçümü ile devam edilir. Bu iki koşuttan biri çocuklar ve restriktif akciğer hastalığı olan kişilerde karşılanamayabilir bu durumda ardışık testlerde aynı FVC elde ediliyorsa bu testler kabul edilmelidir.



Resim 1. FVC manevrası sırasında hastanın standart pozisyonu.



Şekil 1. FVC ölçümünün şematizasyonu.

KAYNAKLAR

1. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST. PMID: 31613151; PMCID: PMC6794117.
2. Ruppel's Manuel of Pulmonary Function Testing. Chapter 2. 11th ed. St. Louis. Elsevier, 2018: p:39.

Yavaş Vital Kapasite Ölçümü

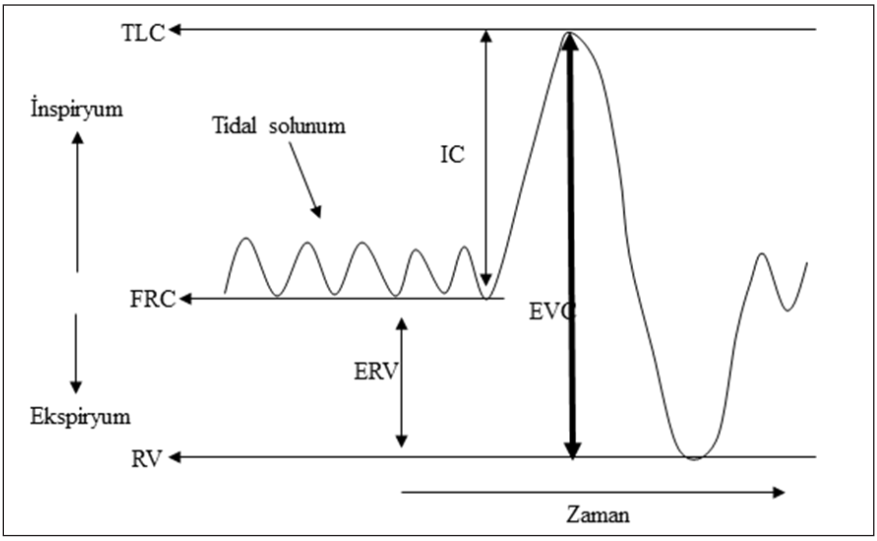
Prof. Dr. Gaye Ulubay

Yavaş vital kapasite (SVC), derin bir inspiryumu takiben yavaş bir şekilde akciğerlerden dışarıya verilen tüm havanın ölçümü ile elde edilen maksimum hacimdir. SVC ölçümünde doğru ölçüm tekniği sonuçların doğruluğu için zorunludur. Eğer hastada aynı zamanda FVC ve SVC'nin birlikte ölçülmesi isteniyorsa FVC ölçümü sırasında oluşabilecek kas yorgunluğundan etkilenimi önlemek amacı ile önce SVC ardından FVC ölçülmelidir.

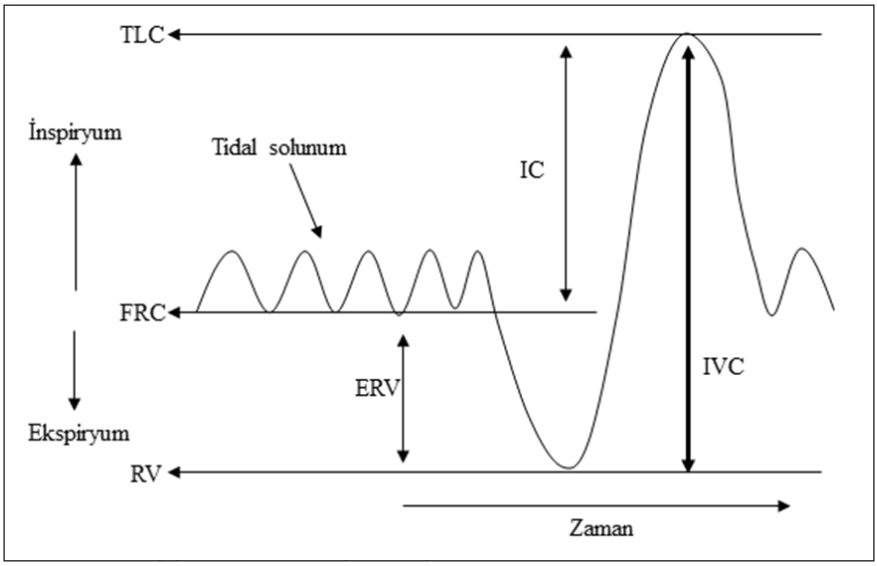
Teknik:

- Test manevralarının nasıl yapılacağı teknisyen tarafından hastaya önce sözel olarak anlatılmalı daha sonra görsel olarak gösterilmelidir.
- Cihaz kalibrasyonu tamamlanır.
- Kalibrasyon sonrasında hasta dik bir şekilde oturur pozisyonda iken (hastanın oturmasına engel zorunlu bir hali var ise: örneğin yeni geçirilmiş plenoidal sinus ameliyatı gibi, test doktor isteği/bilgisi dahilinde ayakta ya da yatarak yapılabilir) ölçüm yapılır.
- Sırt bölümü dik, kollu bir sandalye/ koltukta ölçümlerin yapılması önerilir.
- Ölçüm sırasında burun klipsi (mandal) kullanılması önerilir. Ölçüm için kullanılan ağızlık çevresinden dudaklardan kaçak olmamalıdır.
- SVC inspiryum sırasında ya da ekspiryum sırasında olmak üzere 2 şekilde ölçülebilir.
- Birinci seçenek SVC ölçüm yöntemi olarak; hastanın 3-4 kez normal sakin soluması (birbirine yakın hacimlerde sakin tidal soluk hacmi eğrileri görülür) istenir, istirahat fonksiyonel vital kapasitesi (FRC) sağlanır.
- İstirahat FRC seviyesinde yavaş ancak maksimum bir inspiryum ile total akciğer kapasitesi (TLC) seviyesine hasta ulaştırılır.

- Hasta TLC seviyesinden rezidüel volüme kadar yavaşça akciğerlerindeki bütün havayı dışarı doğru üflemesi (ekshalasyon) istenir. Bu yöntem ile EVC ölçülerek ile SVC ölçülmüş olur (Şekil 1).
- Manevra sırasında hastanın yavaş, devamlı ve değişkenlik göstermeyen bir akım eğrisi sağlaması teşvik edilmelidir. Sağlıklı kişiler genellikle sakin ve rahat bir manevra ile 5-6 saniyede akciğerlerindeki havayı boşlatırlar. Obstrüktif akciğer hastalığı olan kişilerde ise ekspirasyonun sonlandırılması için 15 saniyeye ulaşılması beklenmelidir. Hastanın akciğerlerindeki tüm havanın dışarı atıldığından emin olmak için bir koşulda rezidüel volüm seviyesinde ve son 1 sn boyunca hiç volüm değişikliğinin (en fazla 0.025L) olmamasıdır, yine bu koşut sağlandığında da ekspiryum sonlandırılır.
- Ekspiryum sonlandırıldığında hastanın normal solunumuna dönmesi sağlanır.
- İkinci seçenek SVC ölçüm yöntemi olarak hastanın 3-4 kez normal sakin soluması (birbirine yakın hacimlerde sakin tidal soluk hacmi eğrileri görülür) istenir, istirahat FRC'si sağlanır.
- İstirahat FRC seviyesinde yavaş ancak maksimum bir ekspiryum ile hasta RV seviyesine dek ekspiryum yaptırılır.
- Daha sonra hasta yavaş ancak maksimum bir inspiryum ile TLC seviyesine çıkarılır ve bu esnada SVC ölçülür. Bu yöntem ile IVC ölçülerek ile SVC ölçülmüş olur (Şekil 2).
- SVC için tekrarlanabilirlik kriteri ± %3.5 ml dir.
- Üç kabul edilebilir SVC manevrası elde edilmeye çalışılır.
- Üç kabul edilebilir SVC manevrası elde edilinceye kadar en fazla 8 SVC manevrası yaptırılabilir. Hastanın daha fazla zorlanması solunum kaslarının yorulması ve test sonuçlarını etkilemesi nedeni ile önerilmez.
- Tekrarlanan SVC manevraları arasında hasta için 1 dk'lık dinlenmeler olmalıdır.



Şekil 1. EVC yöntemi ile SVC ölçümünün şematizasyonu. TLC: Total akciğer kapasitesi, FRC: Zorlu vital kapasite, RV: Rezidüel volüm, IC: İnspiratuvar kapasite, ERV: Ekspiratuvar yedek hacim, EVC: Ekspiratuvar vital kapasite.



Şekil 2. IVC yöntemi ile SVC ölçümünün şematizasyonu. TLC: Total akciğer kapasitesi, FRC: Zorlu vital kapasite, RV: Rezidüel volüm, IC: İnspiratuvar kapasite, ERV: Ekspiratuvar yedek hacim, IVC: Inspiratuvar vital kapasite.

KAYNAKLAR

1. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST. PMID: 31613151; PMCID: PMC6794117.
2. Ruppel's Manuel of Pulmonary Function Testing. Chapter 2. 11th ed. St. Louis. Elsevier, 2018: p:39.

Maksimum İstemli Ventilasyon Ölçümü

Prof. Dr. Öznur Yıldız

Tanım olarak maksimum istemli ventilasyon (MVV), amplitüdü ve frekansı yüksek solunumla bir dakikada alınıp verilen hava miktarıdır. Solunum sisteminin genel olarak değerlendirildiği bir testtir. Sonuç L/dk olarak verilir.

Teknik:

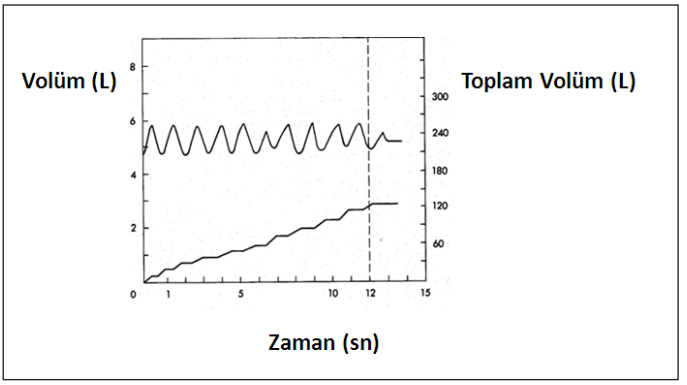
MVV manevrası efor ve kooperasyon bağımlıdır, bu nedenle hastanın bu test öncesi bilgilendirilmesi ve kooperasyonu önemlidir. MVV, hastaya derin ve hızlı nefes aldırıp verdirilerek yapılır. Hasta dik oturur pozisyonda ve burun kapalı iken yapılmalıdır. Hastadan 12 sn süre ile yapabildiğince hızlı ve derin nefes alıp vermesi istenir. Alması gereken hava tidal volümden fazla fakat VC'den az olmalıdır. Nefes alıp verme hızı da yüksek olmalıdır; ideal hız her bir dakikada 90-110 soluk şeklinde olmalıdır. İdeal soluk volümü ise VC'nin %50'si olmalıdır. Manevranın süresi 12 sn olmalı, 15 sn'yi geçmemelidir. Onbeş saniyeden uzun süren uygulamalarda baş dönmesi hissi olabilir ve uyum azalabilir. Hatta bazen 12 sn içinde bile baş dönmesi, sersemlik ve bayılma olabilir. Hasta oturur veya ayakta pozisyonlarında test yapılabilir, fakat hastada baş dönmesi gelişebileceğinden oturur pozisyon tercih edilmelidir.

En az 2 manevra uygulanmalıdır, 2 ölçüm arası değişkenlik %20 sınırları içinde olmalı, en iyi değer kaydedilmelidir. Testin geçerliliği basit olarak tahmini MVV değerinin "FEV1x40" ile hesaplanarak ve karşılaştırılarak da değerlendirilebilir. Ölçülen MVV, bu şekilde hesaplanan MVV'den %80 daha az ise hastanın tam koopere olmadığı veya nöromüsküler hastalık olabileceği akla gelmelidir.

Her bir solukta alınan hava ve toplam hava miktarı, solunum fonksiyonları ünitesinde, volüm-zaman eğrisiyle gözlenebilir (Şekil 1). MVV; bir dakikadaki volüm olarak şu şekilde hesaplanır;

$MVV = Volüm_{12\ sn} \times (60/12)$

$Volüm_{12\ sn}$: 12 sn süresince alınıp verilen hava miktarı (L)



Şekil 1: MVV; spirogramda her solukta alınıp verilen hava miktarı ve toplam hava miktarının Volüm- Zaman eğrisi üzerinde görüntülenmesi.

Önemi: MVV solunum sisteminin genel bir değerlendirmesini sağlar. Havayolu rezistansı, komplians, solunum kasları, göğüs duvarı ve solunum kontrol merkezi patolojilerinden etkilenir. Sağlıklı kişilerde kabaca 150-200 L/dk 'dır. Cinsiyete göre değişkenlik gösterir. MVV'nin %25 'den fazla olan azalmalarında çeşitli patolojiler akla gelmelidir. Yetersiz efor, obstrüktif akciğer hastalıkları, nöromüsküler hastalıklar, solunum kontrol patolojilerinde MVV azalır. Restriktif akciğer hastalıklarında genellikle normal kalabilir.

Öte yandan MVV torasik ve abdominal cerrahi öncesi postoperatif komplikasyonları değerlendirmede önemli bir parametredir. Egzersiz testinde egzersiz ventilasyon değerini tahmin etmede ve solunum rezervini hesaplamada önemlidir. Havayolu obstrüksiyonu olan hastalarda MVV 50 L/dk 'dan az ise egzersiz de genellikle ventilatuvar kısıtlanma olur.

KAYNAKLAR

1. Ruppel GL. Indications for Pulmonary Function Testing. Manuel of pulmonary function testing. Mosby Elsevier comp, Missouri, 2009:63-65.
2. Hughes JMB, Pride NB. Lung function tests. WB Saunders, London,1999;6-7.
3. Saryal S. Solunum fonksiyon testleri, Göğüs hastalıkları. Poyraz Tıbbi yay. Ankara, 2009;97-108.

Spirometride Kabul Edilebilirlik ve Tekrar Edilebilirlik Kriterleri

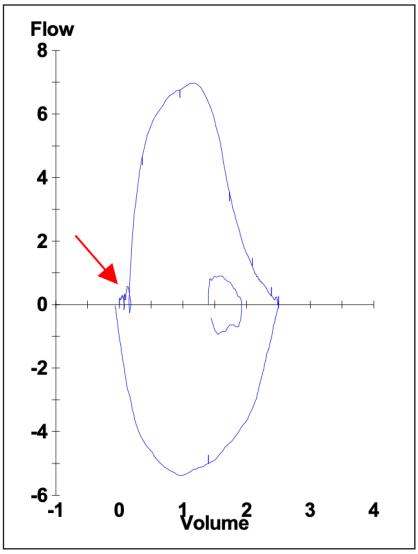
Uzm. Dr. Miraç Öz

Spirometrik ölçümlerin kuralına uygun yapılması doğru tanı koymak için çok önemlidir. Uygun spirometrik ölçüm sağlayabilmek için kabul edilebilirlik ve tekrar edilebilirlik kriterlerinin sağlanması gerekmektedir. Bir testin öncelikle kabul edilebilirlik kriterlerine uygunluğu değerlendirilir ve en az 3 tane kabul edilebilir test elde edildiğinde bu testler arasındaki ilişkiye göre tekrar edilebilirlik kriterleri değerlendirilir.

Kabul edilebilirlik kriterleri:

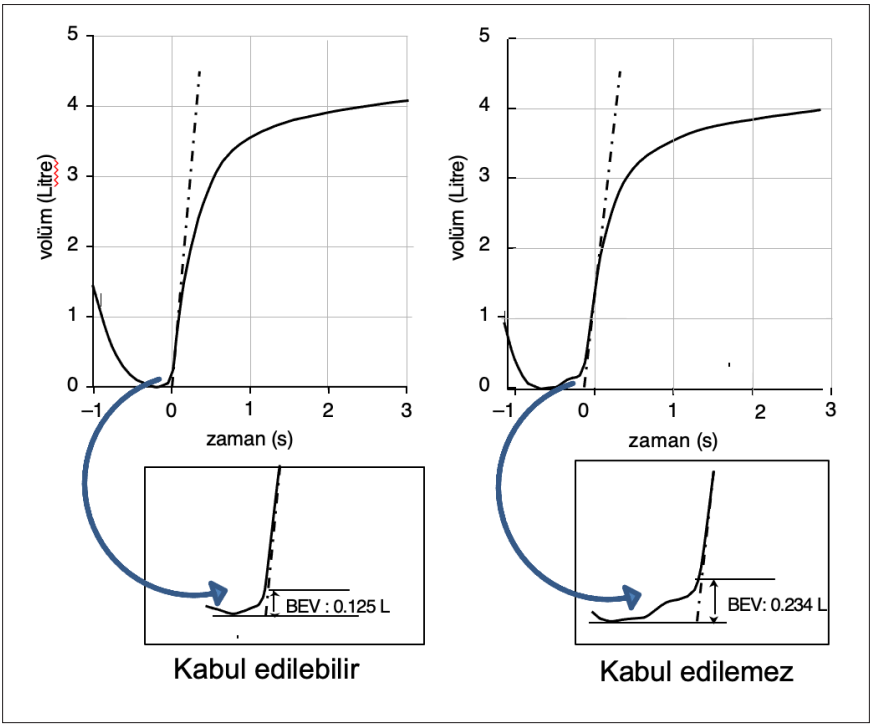
1. Uygun test başlangıcı sağlanmalıdır:

- Test başlangıcı hızlı olmalıdır. Şekil 1'de yanlış başlangıç yapılan bir test örneği gösterilmiştir.



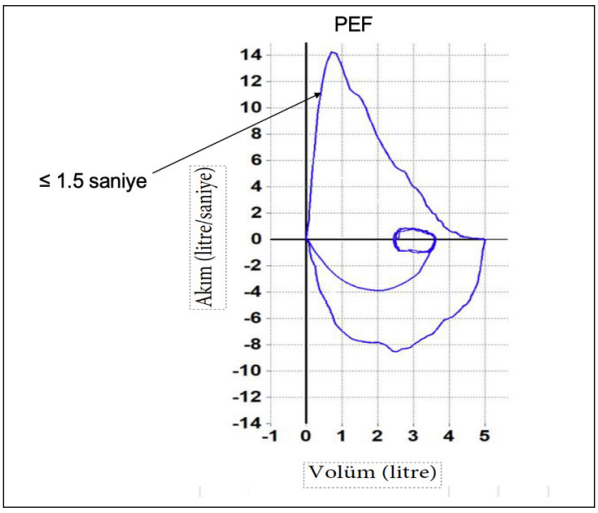
Şekil 1. TLC seviyesine ulaştığında ve zorlu ekspirasyona başlamadan önce hava kaçağı olması nedeniyle yanlış bir başlangıç meydana gelmiştir

- Ekstrapolasyon volümü FVC'nin %5'i veya 100 ml'den az olmalıdır (Şekil 2).
- Sistemlerin back ekstrapolasyon volümünü (BEV) göstermesi beklenmektedir.



Şekil 2. Back ekstrapolasyon volümü (BEV). Solda BEV:0.125 L olan kabul edilebilir bir test, sağda ise BEV: 0.234 L olan kabul edilemez bir test yer almaktadır (1 nolu kaynaktan uyarlanmıştır).

- İnspirasyon sonundan ekspirasyona başlamak için geçen süre ≤2 saniye olmalıdır
- TLC seviyesinden PEF'e hızlı ulaşmalıdır (≤ 1.5 saniye) (Şekil 3).

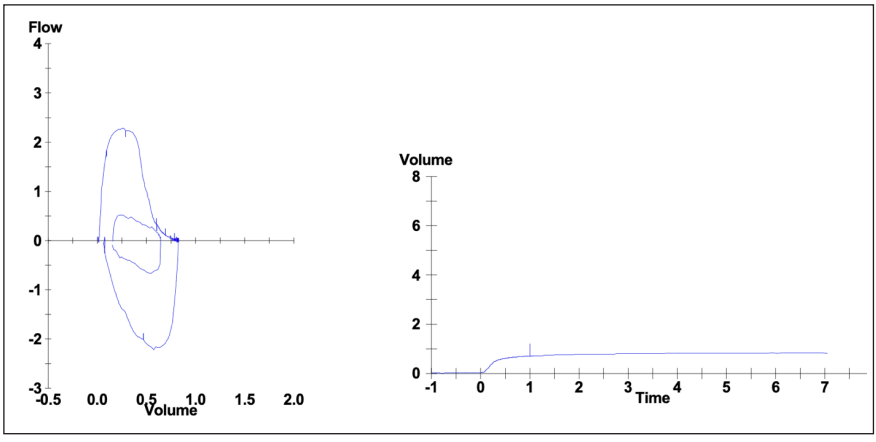


Şekil 3. Akım-volüm grafiği, hızlı bir başlangıç ve keskin bir PEF noktası, PEF noktasına ulaşma zamanı ≤1.5 saniye (1 nolu kaynaktan uyarlanmıştır).

- İnspirasyondan sonra total akciğer kapasitesinde ≤2 saniyeden az duraklama olmalı

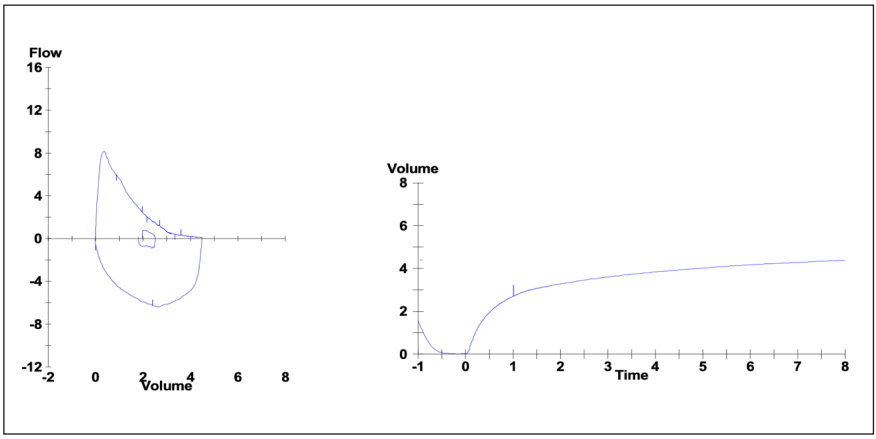
2. Test uygun şekilde sonlandırılmalıdır:

- Yeterli süre ekshalasyon yapılmalıdır
- Ekshalasyonun bitiminde plato oluşmalı en az 1 saniye volümde (<0.025 L) değişme olmamalıdır (Şekil 4) veya



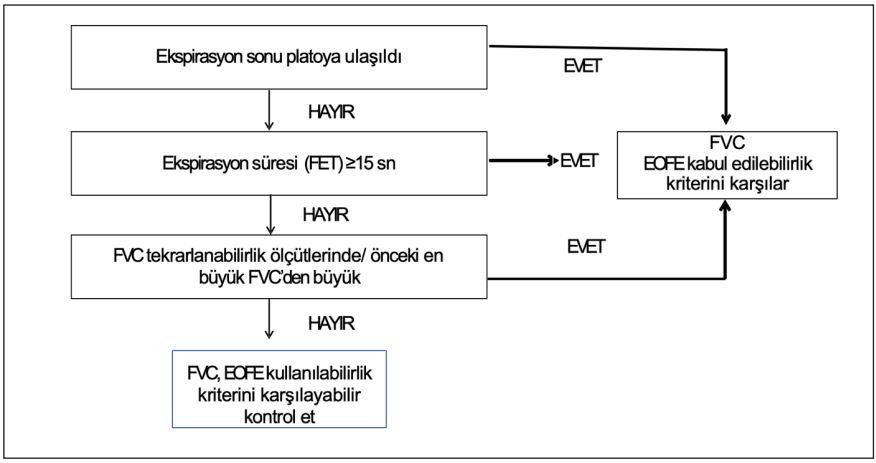
Şekil 4. Ekhalasyonun bitiminde 3. saniyede plato oluşan test örneği.

- Ekshalasyon süresi 15 saniye olmalıdır (Şekil 5) veya



Şekil 5. Obstrüktif ventilatuar defekti olan bir hastada plato oluşması için ekshalasyonun 15 saniyeye kadar devam etmesi gereklidir.

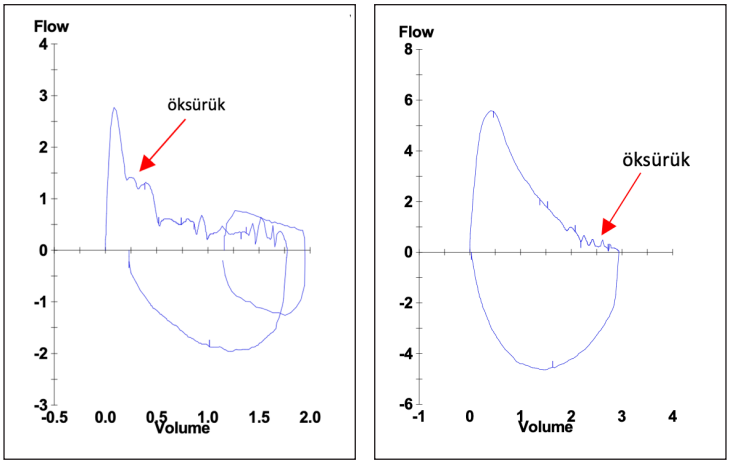
- Hasta platoya ulaşacak kadar yeterli süre ekshalasyon yapamıyorsa ardışık ölçümlerde benzer FVC değeri ölçüldüğünden emin olunmalıdır



Şekil 6. Testin uygun şekilde sonlandırılmasını özetleyen algoritma, EOFE (end of forced expiration, zorlu ekspirasyon sonu) (1 nolu kaynaktan uyarlanmıştır).

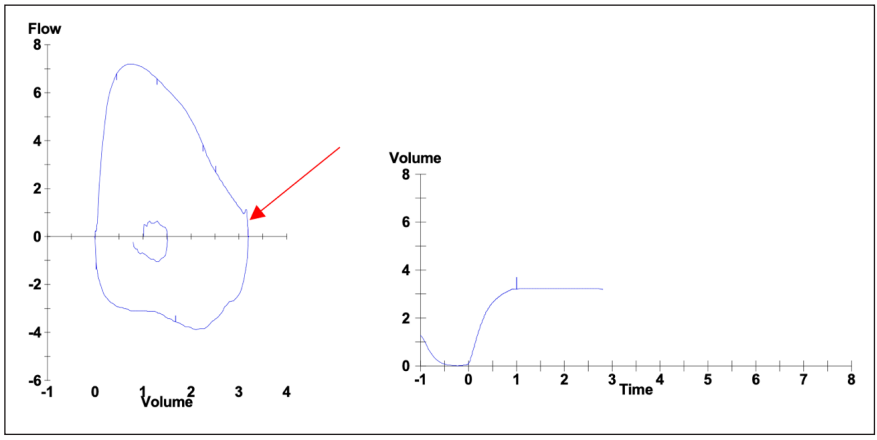
3. Spirometride artefakt olmamalı:

- Ekshalasyonun 1. saniyesinde öksürmemeli (Şekil 7)



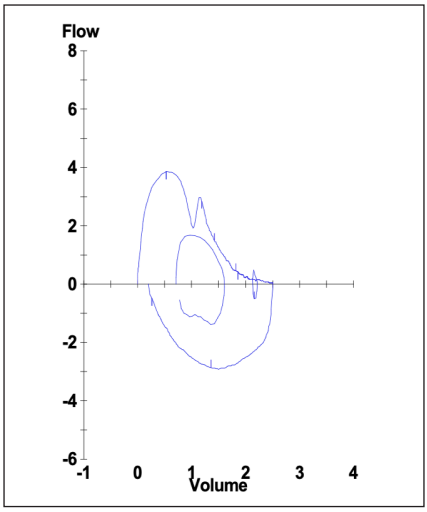
Şekil 7. (A) Ekshalasyonun 1. saniyesinde öksürük olması, FEV_1 kabul edilemez ve kullanılamaz, FVC kabul edilebilir ve kullanılabilir (B) Ekshalasyonun 1. saniyesinden sonra öksürük olması, FEV_1 ve FVC kabul edilebilir.

- Ekshalasyonun 1. saniyesinde glottis kapatılmamalı
- Test erken bitirilmemeli ya da kesilmemeli (Şekil 8)



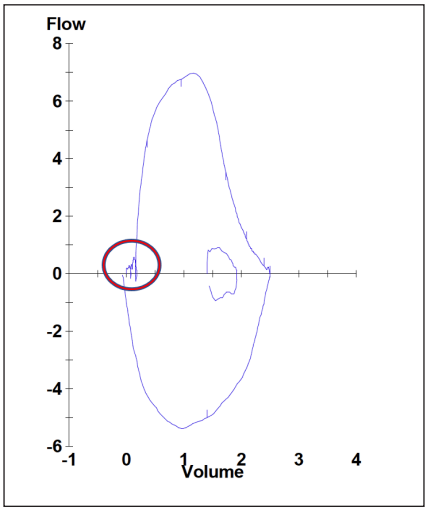
Şekil 8. Ekshalasyonun erken sonlandırıldığı test örneği.

- Efor değişkenliği olmamalı (Şekil 9)



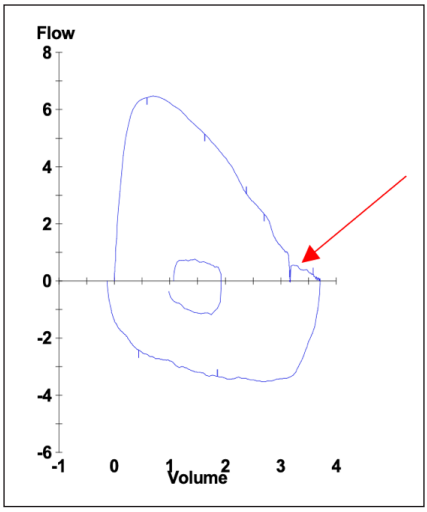
Şekil 9. Ekshalasyonda efor değişkenliği olan test örneği.

- Ağızlıktan kaçak olmamalı (Şekil 10)



Şekil 10. Zorlu ekspirasyonun başlangıcında ağızlıktan kaçak olan test örneği.

- Ağızlık dille veya ısırılarak kapatılmamalı (Şekil 11)



Şekil 11 . Ekshalasyonun sonunda ağızlığın dille kapatıldığı test örneği.

Tekrar edilebilirlik kriterleri:

En az üç kabul edilebilir manevra gereklidir.

Üç kabul edilebilir spirometrik ölçüm arasında;

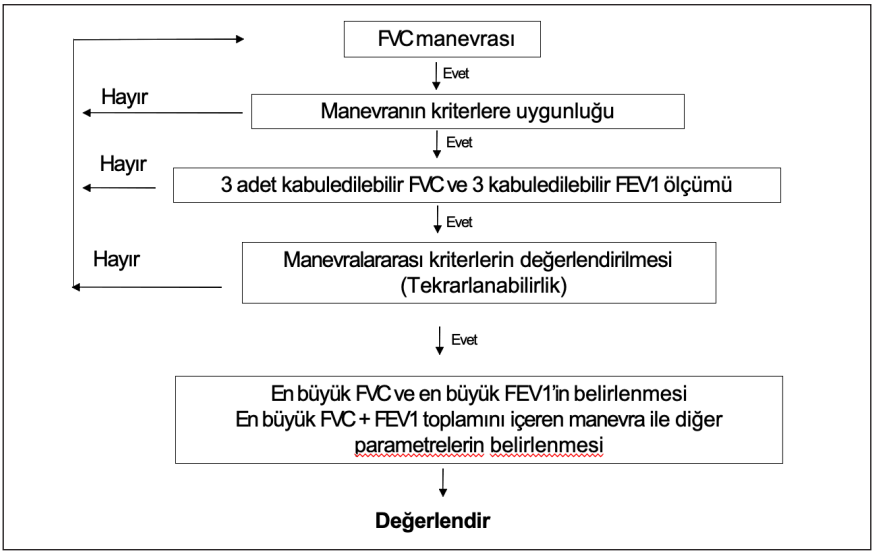
>6 yaş

1. En yüksek iki FVC arasındaki fark ≤ 150 ml olmalıdır ve
2. En yüksek iki FEV1 arasındaki fark ≤ 150 ml olmalıdır.

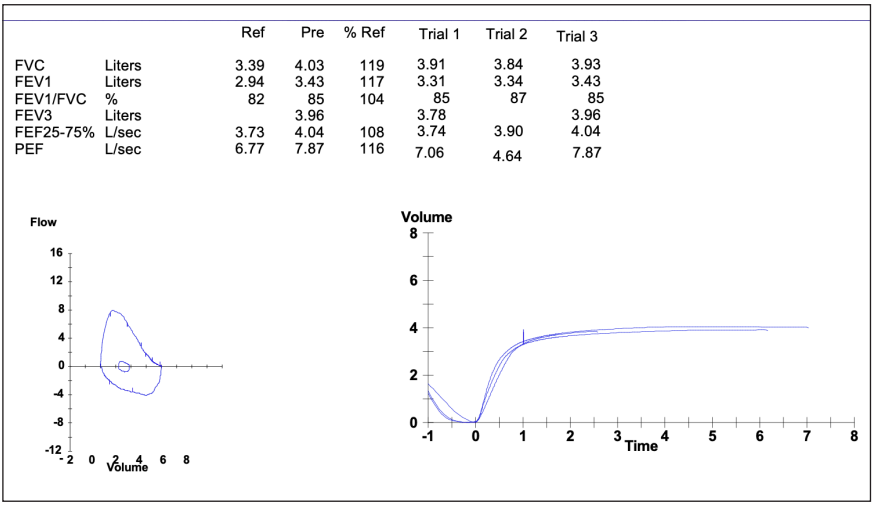
≤ 6 yaş

1. En yüksek iki FVC arasındaki fark ≤100 ml veya en yüksek FVC'nin %10'u olmalıdır ve
2. En yüksek iki Fev1 arasındaki fark ≤100 ml veya en yüksek FEV1 'in %10'u olmalıdır.

Bu kriterler sağlanamazsa uygunluk sağlanana kadar (erişkinlerde en fazla 8 test, çocuklarda ise yapabildiği kadar) veya hastanın testleri yapamayacağı ana kadar yeni testler yapılır ve en iyi üç test kayda alınır. Şekil 12'de kabul edilebilirlik ve tekrar edilebilirlik kriterlerinin değerlendirilmesi özetlenmiştir.



Şekil 12. Kabul edilebilirlik ve tekrar edilebilirlik kriterleri (1 nolu kaynaktan uyarlanmıştır).



Şekil 13. Kabul edilebilir ve tekrar edilebilir kriterlerine uygun test örneği.

KAYNAKLAR

1. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST. PMID: 31613151; PMCID: PMC6794117.
2. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. Eur Respir J. 2005 Aug;26(2):319-38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805. PMID: 16055882.

Reverzibilite Testi (Bronkodilatör Yanıt Testi) Yönetimi ve Dikkat Edilecek Noktalar

Uzm. Dr. Miraç Öz

Reverzibilite, geri dönüş anlamına gelmektedir ve reverzibilite testi ile hava yolu obtrüksiyonunun geri dönüşümlü olup olmadığı değerlendirilir. Reverzibilite teriminin hava yolu obstrüksiyonunun tamamen ortadan kalkması anlamına gelmesi ve bunun tanımlamaya tam uymaması nedeniyle 2019'da yapılan güncelleme ile reverzibilite testi yerine 'bronkodilatör yanıt testi' ifadesinin kullanılması önerilmiştir.

Bronkodilatör yanıt testi, FEV_1 ve FVC'deki değişikliklerle ölçülen bronkodilatör uygulamasına yanıt olarak hava akımındaki iyileşme derecesinin belirlenmesidir. Genellikle spirometri testinin bir parçası olarak gerçekleştirilir. Sıklıkla astım tanısında kullanılır.

KOAH'ta kullanılan postbronkodilatör değerlendirmeyi reverzibilite ile karıştırmamak gerekir. Postbronkodilatör değerlendirmede hastaya test yapmadan kullanılacak farmakolojik ajan verilir ve daha sonra test yapılır, bronkodilatör öncesi bir test yapılmaz.

Test öncesi dikkat edilmesi gereken durumlar:

Hastanın test öncesi bronkodilatör ilaç kullanımı açısından sorgulanması gerekmektedir. Bronkodilatör ilaçların kaç saat önce kesilmesi gerektiği Tablo 1'de gösterilmiştir. Hastanın en az 1 saat sigara içmemiş olmasına dikkat edilmelidir. İnhale steroidlerin test öncesinde kesilmesine gerek yoktur.

Testin metodu:

Teste başlamadan önce hastanın varsa kullandığı bronkodilatör ilaçları yeterli süre önce kullanmayı bıraktığı teyit edilmelidir. Bronkodilatör inhalasyonu öncesinde (Pre-bronkodilatör) bazal spirometrik değerler için kabul edilebilirlik ve tekrar edilebilirlik kriterlerine uyan üç test yaptırılır. Daha sonra hastaya uygun bronkodilatör ajan inhale ettirilir. Uygulanan bronkodilatör ilaca göre bir bekleme süresi sonrasında yine en az üç tane

Tablo 1. Test öncesi kesilmesi gereken ilaçlar ve süreler.

Bronkodilatör ajan	Kesilme zamanı
SABA (örn.; albuterol ya da salbutamol)	4-6 saat önce
SAMA (örn.;ipratropium bromide)	12 saat önce
LABA (örn.;formoterol ya da salmeterol)	24 saat önce
Ultra-LABA (örn.; indakaterol, vilanterol ya da olodaterol)	36 saat önce
LAMA (örn.;tiotropium, umeclidinium, aclidinium, glycopyrronium)	36-48 saat önce
Teofilin	24 saat önce
Kromolin sodyum	8-12 saat önce

SABA: Kısa etkili beta-2 agonist, **SAMA:** Kısa etkili muskarinik antagonist, **LABA:** Uzun etkili beta-2 agonist, **LAMA:** Uzun etkili muskarinik antagonist.
Not: İkili bronkodilatör kullanımı varsa en uzun etkili olan bronkodilatör için kesilme süresi dikkate alınmalıdır.

kriterlere uygun test yaptırılır. Bronkodilatör inhalasyonu sonrası yapılan test post-bronkodilatör test olarak ifade edilir.

Hangi bronkodilatör ajanlar kullanılabilir?

Kullanılacak ilacın ölçülü doz inhaler ile ve spacer aracılığı ile uygulanması önerilmektedir. Genellikle 200-400 mcg salbutamol uygulanması önerilmektedir. Salbutamol yerine eşdeğer dozda terbutalin inhalasyonu da uygulanabilir. Bunun yanısıra kısa etkili beta-2 agonist olan salbutamol ile birlikte ya da tek başına 80-160 mcg kısa etkili antikolinerjik olan ipratropium bromür de kullanılabilir.

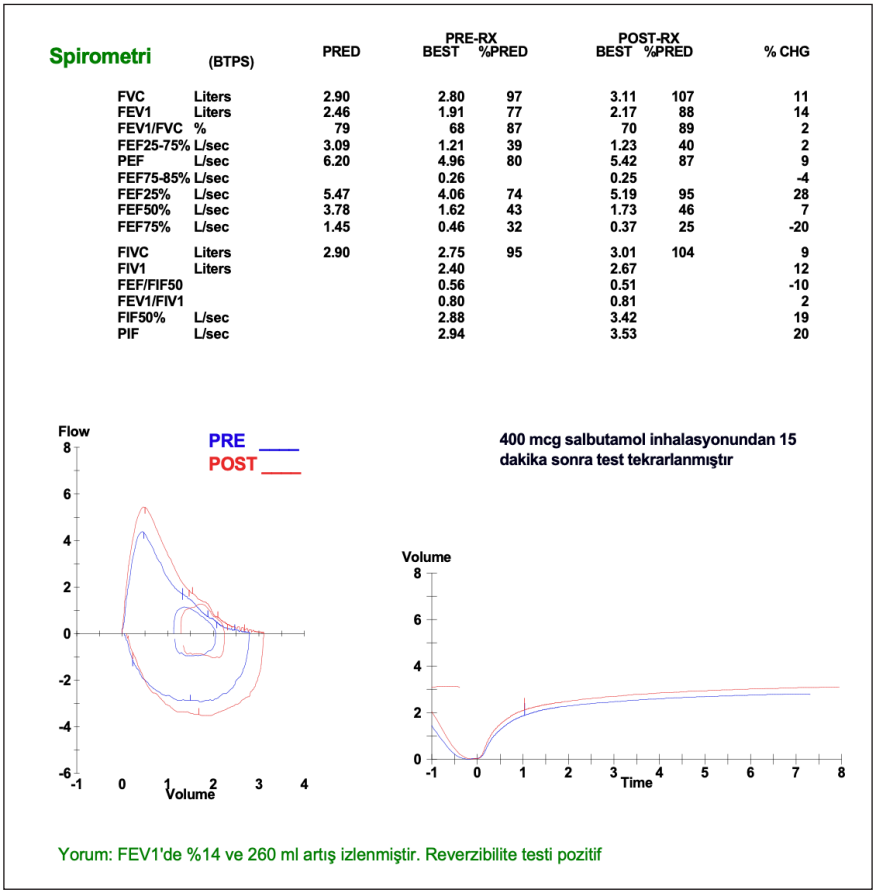
Bronkodilatör inhalasyonu sonrası bekleme süresi:

Kısa etkili bir beta-2 agonist olan salbutamol kullanılarak bir test yapıldıysa salbutamol inhalasyonundan sonra 10-15 dakika, ipratropium kullanıldıysa inhalasyondan sonra 30-45 dakika beklanmelidir. Bekleme süreleri tamamlandıktan sonra test tekrarlanmalıdır. Cihazların bekleme sürelerini gösteren uyarılarının olması önerilmektedir.

Raporlama:

Pre ve post-bronkodilatör testlerin sonuçları birlikte raporlanmalıdır. FEV_1, FVC ve FEV_1/FVC parametrelerinin raporda bulunması zorunludur. Bu parametrelerin % ve mutlak değerleri mutlaka belirtilmelidir. Pre ve post-bronkodilatör akım-volüm ve volüm-zaman grafikleri de raporda yer almalıdır. Ayrıca hangi bronkodilatör ilaç ile test yapıldığı, ilacın uygu-

lanan dozu ve inhalasyon sonrası bekleme süresi raporda belirtilmelidir. Kılavuza göre hem mutlak değişkenliğin hem de başlangıca göre % değişimin birlikte hesaplanması önerilir. Başlangıca göre FVC veya FEV_1'de >200 ml ve >%12'lik artış olması bronkodilatör yanıt testinin pozitif olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 1'de bronkodilatör yanıt testi örneği gösterilmiştir.



Şekil 1. Bronkodilatör yanıt testi örneği.

KAYNAKLAR

1. The global strategy for diagnosis, management and prevention of COPD (2022). www.goldcopd.com
2. Global initiative for asthma management and prevention, 2022. https://ginasthma.org
3. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST. PMID: 31613151; PMCID: PMC6794117.
4. Culver BH, Graham BL, Coates AL, et al. ATS Committee on Proficiency Standards for Pulmonary Function Laboratories. Recommendations for a Standardized Pulmonary Function Report. An Official American Thoracic Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2017 Dec 1;196(11):1463-1472. doi: 10.1164/rccm.201710-1981ST. PMID: 29192835.

Testin Kalitesini Derecelendirme

Doç. Dr. Fatma Arslan

Teknik standartlar her hasta için olabilecek en iyi sonuca ulaşmak için düzenlenmiştir. Spirometri sonuçları hastanın kooperasyonuna bağlıdır. Maksimal akciğer hacmi ve maksimal efor ile yapılan manevralar, submaksimal akciğer hacimleri veya submaksimal efor ile yapılanlardan daha fazla tekrar edilebilir.

Spirometrinin raporlanmasında ATS tarafından önerilen evreleme sisteminde derece 'U' 'uygulanabilir' değerlerdir. FEV1 ve FVC ayrı ayrı derecelendirilir. Derecelendirme bireysel manevralar yerine, prebronkodilatör manevralara bütüncül olarak uygulanır ve postbronkodilatör manevralar kümesi için ayrı olarak belirlenir.

Bu derecelendirme sistemi, testi yorumlayan kişiye, spirometri sonuçlarının hastanın test sırasında yapabildiğinin en iyisini temsil ettiğine dair güven düzeyi ve test tekrarlanırsa eşdeğer bir değere ulaşılma olasılığı hakkında bilgi verir (Tablo 1).

Bazı hastalar, A derecesi için gerekli olan kabul edilebilirlik ve tekrarlanabilirlik kriterlerini karşılayamayabilir, ancak yine de sonuçları klinik olarak faydalı olabilir. Örneğin, spirometri manevrası öksürük refleksini tetikleyebilir ve ilk bir veya iki denemeden sonra hasta kabul edilebilir başka bir manevra yapamayabilir. Test oturumunda elde edilebilecek en iyi notların A'dan düşük olduğu durumlarda, tercümanın klinik yargısı, sonuçların yorumlanmasında daha önemli bir faktör haline gelir. Bazı manevralar A'dan daha düşük derecelerde kabul edilebilir veya kullanılabilir olsa da, operatörün öncelikli hedefi her hasta için her zaman mümkün olan en iyi test kalitesini elde etmek olmalıdır.

Değerlerine atanan dereceyi gören hastalar, yanlışlıkla derecenin akciğerlerinin sağlığını yansıttığını düşünebilirler.

Teknisyen, derecenin hastanın soluk verme manevralarının tutarlılığına karşılık geldiği konusunda hastaya bilgi vermelidir.

Tablo 1. Yetişkinlerde ve Çocuklarda Spirometride FVC ve FEV1 İçin Test Kalitesinin Derecelendirilmesi (2 no'lu kaynaktan uyarlanmıştır).

Derecelendirme	Kriterler
A	≥3 kabul edilebilir test, tekrarlanabilirlik 150 ml içinde 2-6 yaş: 100 ml veya en yüksek değerin % 10'undan az
B	≥ 2 kabul edilebilir test, tekrarlanabilirlik 150 ml içinde 2-6 yaş: 100 ml veya en yüksek değerin % 10'undan az
C	≥ 2 kabul edilebilir test, tekrarlanabilirlik 200 ml içinde 2-6 yaş: 150 ml veya en yüksek değerin % 10'undan az
D	≥ 2 kabul edilebilir test, tekrarlanabilirlik 250 ml içinde 2-6 yaş: 200 ml veya en yüksek değerin % 10'undan az
E	Bir kabul edilebilir test
F	Kabul edilemez

Tekrarlanabilirlik derecesi, bronkodilatör öncesi manevralar seti ve bronkodilatör sonrası manevralar seti için ayrı ayrı belirlenir. Tekrarlanabilirlik kriterleri, en büyük iki FVC değeri ile en büyük iki FEV1 değeri arasındaki farklara uygulanır. Derece U, yalnızca kullanılabilir ancak kabul edilemez ölçümlerin elde edildiğini gösterir. Bazı manevralar A'dan daha düşük derecelendirme seviyelerinde kabul edilebilir veya kullanılabilir olsa da, operatörün öncelikli hedefi her hasta için her zaman mümkün olan en iyi test kalitesini elde etmek olmalıdır.

*Ya da en yüksek değerin %10'u, hangisi daha büyükse; sadece 6 yaş ve altı için geçerlidir.

KAYNAKLAR

1. Hankinson JL, Bang KM. Acceptability and reproducibility criteria of the American Thoracic Society as observed in a sample of the general population. Am Rev Respir Dis 1991;143:516–521.
2. Culver BH, Graham BL, Coates AL, et al.; ATS Committee on Proficiency Standards for Pulmonary Function Laboratories. Recommendations for a standardized pulmonary function report: an Official American Thoracic Society technical statement. Am J Respir Crit Care Med 2017;196: 1463–1472.
3. Johnston R. PFT blog: a modest proposal for a clinical spirometry grading system. 2018 Sep 16 [accessed 2019 May 5]. Available from: https://www.pftforum.com/blog/a-modest-proposal-for-aclinical- spirometry-grading-system/#more-2420.

Kullanılabilirlik Kriterleri

Doç. Dr. Şermin Börekçi

Günlük pratikte bazı hastaların maksimum efora ulaşamadığı, zorlu ekspiryum manevrasını kriterlere göre yapamadığı ve teknik olarak kabul edilebilir FEV1 ve FVC değerlerine sahip olmadığı görülür buna karşılık bu değerler hastanın yapabileceği en iyi değerlerdir. Gerçek yaşamdaki böyle " tüm kriterleri karşılamayan ancak hastanın o durumda yapabileceğinin en iyisi olan ölçümler" 2019 ATS-ERS spirometri standartları rehberinde teknik olarak kabul edilebilir olmasa da klinik olarak faydalı yani "kullanılabilir" kavramı olarak yer almıştır. Aşağıdaki Tablo 1'de kabul edilebilir FEV1 ve FVC değerleri için belirlenmiş kriterler ve bu kriterlerin kullanılabilir FEV1 ve FVC değerleri için kullanımı belirtilmiştir.

Örneğin tabloda da görüldüğü üzere ekspiryumun 1. saniyesinde öksürük olması, hem kabul edilebilir hem de kullanılabilir FEV1 değerlerini etkilerken, FVC değerlerini etkilemez. Yine ekspiryumun ilk saniyesinde glottik kapanma olması hem kabul edilebilir hem de kullanılabilir FEV1 ve FVC değerlerini etkilerken, ekspiryumdan 1 saniye sonra glottik kapanma olması sadece kabul edilebilir FVC değerini etkiler. Bu şekilde teknik olarak kriterlere uygun olmasa da, hastanın takibinde faydalı olabilecek *kullanılabilir* değerler de belli kriterlere uygun olarak saptanmış olur.

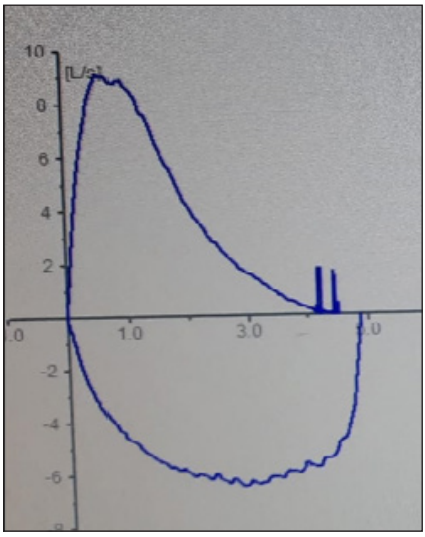
Tablo 1. Kabul edilebilirlik ve kullanılabilirlik (FEV1 ve FVC manevrası için) kriterleri.

	Kabul edilebilirlik için gerekli		Kullanılabilirlik için gerekli	
Kabul edilebilirlik ve kullanılabilirlik Kriteri	**FEV1**	**FVC**	**FEV1**	**FVC**
BEV≤%5 FVC veya 0.100 L olmalıdır	Evet	Evet	Evet	Evet
Hatalı bir sıfır akış ayarı kanıtı olmamalıdır	Evet	Evet	Evet	Evet
Ekspirasyonun ilk saniyesinde öksürük olmamalıdır	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Ekspirasyonun ilk saniyesinde glottik kapanma olmamalıdır	Evet	Evet	Evet	Evet
Ekspirasyondan 1 saniye sonra glottik kapanma olmamalıdır	Hayır	Evet	Hayır	Hayır
Bu üç EOPE göstergesinden birine ulaşılmalıdır 1. Ekspiratuar plato (ekspirasyonun son 1 saniyesinde ≤ 0.025 L) 2. Ekspiratuar süre ≥ 15 s 3. FVC, daha önce gözlemlenen en büyük FVC'nin tekrarlanabilirliğinde veya ondan büyük	Hayır	Evet	Hayır	Hayır
Tıkalı ağızlık ve spirometri kanıtı olmamalıdır	Evet	Evet	Hayır	Hayır
Sızıntı kanıtı olmamalıdır	Evet	Evet	Hayır	Hayır
EOPE sonrası maksimum inspirasyon FVC'den büyükse, FIVC-FVC≤0.100 L veya FVC'nin %5'i olmalıdır (hangisi büyükse)	Evet	Evet	Hayır	Hayır

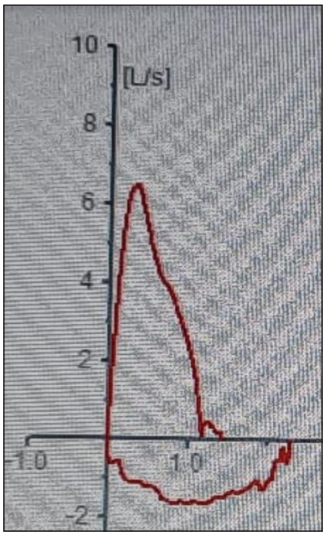
BEV: Geri ekstrapolasyon hacmi (back-extrapolated volüme); **EOPE;** Zorlu ekspiryum sonu (end of forced expiration); **FEV1:** Zorlu ekspiratuvar volüm 1. saniye; **FVC:** Zorlu vital kapasite.

Aşağıda bazı örnekler verilmiştir.

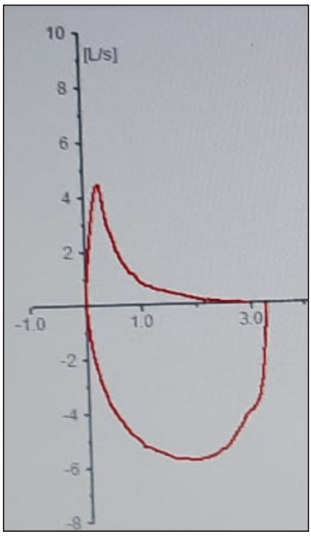
Örnek 1: Ekspirasyonun 1. saniyesinde öksürük: FEV1 kabul edilebilir değil, kullanılabilir değil. FVC hem kabul edilebilir hem de kullanılabilir (Tablo 1).



Örnek 2: Ekspirasyonun 1. Saniyesinde glottik kapanma: Hem FVC hem de FEV1 kabul edilebilir değil, kullanılabilir değil (Tablo 1).



Örnek 3: Zorlu ekspirasyonun sonlanması sonrası maksimum inspirasyon FVC'den büyük, FEV1 ve FVC kabul edilebilir değildir, ancak kullanılabilir kategorisindedir (Tablo 1).



KAYNAKLAR

1. Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R. et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST.

Spirometrik Verilerdeki Temel Patoloji Örnekleri

Prof. Dr. Öznur Yıldız

Spirometrik verilerin değerlendirilmesi, test sonuçlarının kalite kontrolü yapıldıktan sonra, akım hacim eğrisi ile birlikte spirometrik parametrelerin yüzde beklenen değerleri incelenerek yapılmalıdır. Tablo 1'de genel olarak bazı hastalıklardaki spirometrik parametrelerin değişimleri görülmektedir.

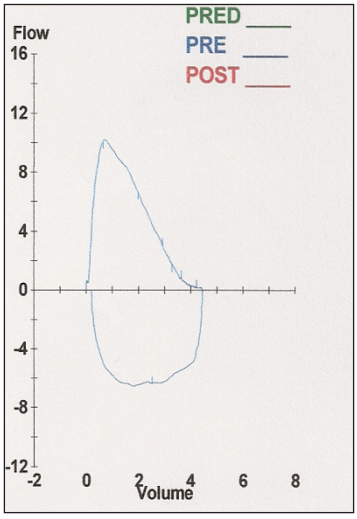
Tablo 1. Hastalıklardaki spirometrik parametrelerin değişimi.

Parametre	Obstrüktif ventilatuvar bozukluk	Restriktif ventilatuvar bozukluk	Mikst ventilatuvar bozukluk
FVC	N veya ↓	↓	↓
FEV1	↓	↓	↓
FEV1/FVC	↓	N veya ↑	↓
FEF%25-75	↓	N veya ↓	↓
PEF	↓	N veya ↓	↓
MVV	↓	N veya ↓	↓
Akım hacim eğrisi	↓ (konkav eğri örneği)	↑ (konveks eğri örneği)	↓ (konkav eğri örneği)

Hasta 1: 35 yaşında erkek hasta, nefes darlığı yakınması var. Hastanın spirometrik değerleri Tablo 2'de, akım hacim eğrisi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Hasta 1'in spirometrik değerleri.

Parametre	Beklenen değer	Ölçüm değeri	Yüzde beklenen değeri (%)
FVC (L)	4.45	4.46	100
FEV1 (L)	3.66	3.66	100
FEV1/FVC (%)	79	82	
FEF%25-75 (L/dk)	4.19	4.05	97
PEFR (L)	8.86	10.22	115



Şekil 1. Hasta 1'e ait akım hacim eğrisi.

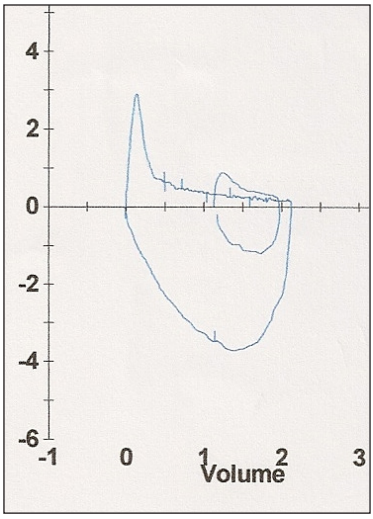
Yorum: Akım hacim eğrisi ile beklenen yüzde değerler birlikte değerlendirildiğinde normal spirometrik bulgular olduğu gözlenmektedir.

Obstrüktif ventilatuvar bozukluk örnekleri:

Hasta 2: 55 yaşında erkek hasta, nefes darlığı, öksürük balgam çıkarma şikayetleri ile takipli hastadır.

Tablo 3: Hasta 2'nin spirometrik değerleri.

Parametre	Beklenen değer	Ölçüm değeri	Yüzde beklenen değeri (%)
FVC (L)	4.16	2.14	51
FEV1 (L)	3.34	0.75	22
FEV1/FVC (%)	77	35	
FEF%25-75 (L/dk)	3.71	0.29	8
PEFR (L)	8.39	2.91	35



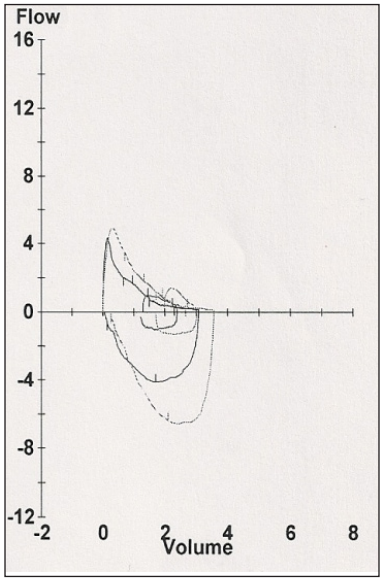
Şekil 2. Hasta 2'ye ait akım hacim eğrisi.

Yorum: FVC, FEV1 ve FEV1/FVC azalmış, akım-hacim eğrisi konkav görünümde obstrüktif ventilatuvar bozukluk ile uyumlu görülmektedir. Hasta KOAH tanısı ile takip altındadır.

Hasta 3: 44 yaşında erkek hasta, nefes darlığı şikayeti ile takiptedir.

Tablo 4. Hasta 3'ün spirometrik değerleri.

Parametre	Beklenen değer	Ölçüm değeri	Yüzde beklenen değeri (%)
FVC (L)	4.45	3.06	68
FEV1 (L)	3.72	1.51	41
FEV1/FVC (%)	79	49	
FEF%25-75 (L/dk)	4.18	0.54	13
PEFR (L)	7.75	4.30	48



Şekil 3. Hasta 3'e ait akım hacim eğrisi.

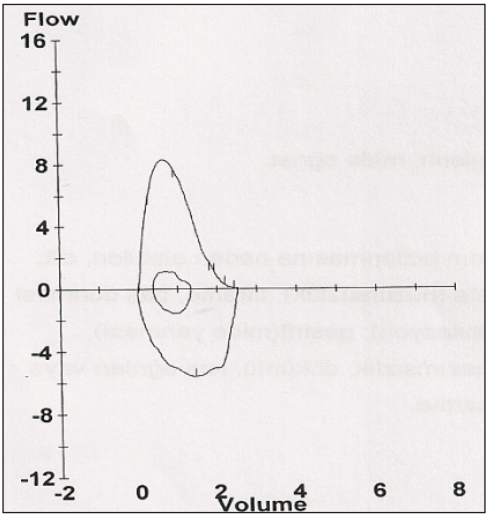
Yorum: FVC, FEV1 ve FEV1/FVC azalmış, akım-hacim eğrisi konkav görünümde obstrüktif ventilatuvar bozukluk ile uyumlu görülmektedir. Hasta astım tanısı ile takip edilmektedir (Not: Hastaya reverzibilite testi de yapılmıştır ve akım hacim eğrisi ve parametreleri ile reverzibl= geri dönüşümlü havayolu obstrüksiyonu gösterilmiştir).

Restriktif ventilatuvar bozukluk örnekleri:

Hasta 4: 65 yaşında erkek hasta, romatoid artrit nedeni ile takip altındadır.

Tablo 5. Hasta 4'ün spirometrik değerleri.

Parametre	Beklenen değer	Ölçüm değeri	Yüzde beklenen değeri (%)
FVC (L)	3.88	2.53	65
FEV1 (L)	3.02	2.23	74
FEV1/FVC (%)	76	88	
FEF%25-75 (L/dk)	3.24	3.95	122
PEFR (L)	7.92	8.33	105



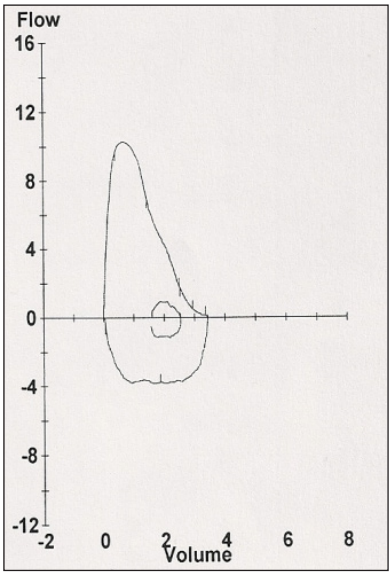
Şekil 4. Hasta 4'e ait akım hacim eğrisi.

Yorum: FVC, FEV1 azalmış; FEV1/FVC normal değerlerde (artmış); akım-hacim eğrisi, konveks görünümdedir. Bu bulgularla hasta restriktif ventilatuvar bozukluk vardır. Hastada romatoid artrit akciğer tutulumu düşünülmüştür.

Hasta 5: 30 yaşında erkek hasta, kifoskolyozu mevcut.

Tablo 6. Hasta 5'in spirometrik değerleri.

Parametre	Beklenen değer	Ölçüm değeri	Yüzde beklenen değeri (%)
FVC (L)	5.64	3.45	61
FEV1 (L)	4.71	2.96	63
FEV1/FVC (%)	83	86	
FEF%25-75 (L/dk)	5.17	3.99	77
PEFR (L)	10.39	10.25	99



Şekil 5. Hasta 5'e ait akım hacim eğrisi.

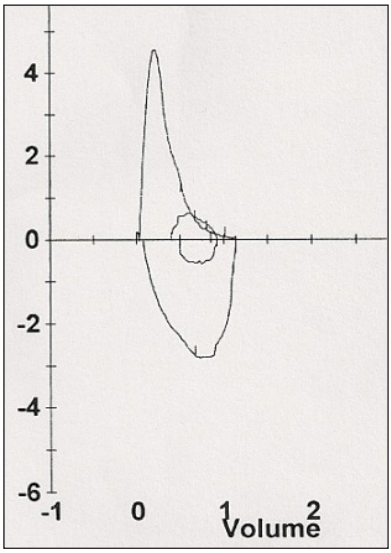
Yorum: FVC, FEV1 değerleri azalmış; FEV1/FVC normal değerlerde (artmış); akım-hacim eğrisi, konveks görünümdedir. Hasta kifoskolyoza bağlı restriktif tipte solunum fonksiyonları patolojisi gözlenmiştir.

Miks ventilatuvar bozukluk örnekleri:

Hasta 6: 50 yaşında erkek hasta, kifoskolyozu ve KOAH nedeni takip altındadır.

Tablo 7. Hasta 6'nın spirometrik değerleri.

Parametre	Beklenen değer	Ölçüm değeri	Yüzde beklenen değeri (%)
FVC (L)	3.81	1.15	30
FEV1 (L)	3.11	0.81	26
FEV1/FVC (%)	78	71	
FEF%25-75 (L/dk)	3.73	0.50	13
PEFR (L)	8.07	4.57	57



Şekil 6. Hasta 6'ya ait akım hacim eğrisi.

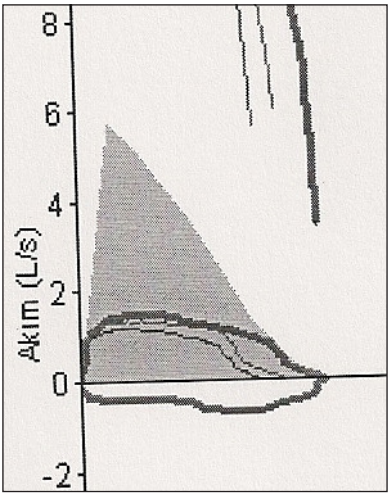
Yorum: FVC, FEV1 azalmış; FEV1/FVC sınırda; FEF%25-75 azalmış; akım-hacim eğrisi, konkav görünümdedir. Hastada kifoskolyoza ve KOAH'ına bağlı olarak miks tipte ventilatuvar bozukluk gözlenmiştir.

Yukarı havayolu obstrüktif ventilatuvar bozukluk örneği:

Hasta 7: 55 yaşında kadın hasta, multinodüler guatr tanısı ile tiroidektomi, sonrası bilateral kord vokal paralizisi, daha sonra lazer kordektomi, daha sonraki dönemde de lazer kordotomi yapılmış.

Tablo 8. Hasta 7'nin spirometrik değerleri.

Parametre	Beklenen değer	Ölçüm değeri	Yüzde beklenen değeri (%)
FVC (L)	2.55	2.74	108
FEV1 (L)	2.15	1.56	73
FEV1/FVC (%)	78.6	59.9	
FEF%25-75 (L/dk)	2.99	1.47	49
PEFR (L)	5.77	1.52	26



Şekil 7. Hasta 7'ye ait akım hacim eğrisi.

Yorum: Hastanın akım hacim eğrisi inspiratuvar ve ekspiratuvar kolu basılıdır ve yukarı havayolu ile ilgili özgeçmiş ile birlikte hastada fiks havayolu obstrüksiyonu bulgusu düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Ruppel GL, Manuel of pulmonary function testing. Mosby Elsevier comp, Missouri, 2009:36-89.
2. Hyatt RE, Scanlon PD, Nakamura M. Interpretation of pulmonary function tests. Wolters Kluwer, Philadelphia, 2009;111-118.

Altı Dakika Yürüme Testi

Prof. Dr. Nurdan Köktürk

Alan testleri kronik solunum hastalıklarında, hastaların fonksiyonel egzersiz kapasitelerinin belirlenmesi ve egzersiz performansını sınırlayan dispne, yorgunluk, desaturasyon gibi faktörlerin saptanması amacıyla sıkça kullanılan testlerdir. Az teknik ekipman gerektiren, uygulanması ucuz ve kolay olan bu testlerden ***altı dakika yürüme testi (6DYT)*** alan testleri arasında en yaygın kullanılan testtir.

6 DYT, hastaların kendi adımlama hızlarında yürüdükleri bir yürüme kapasitesi testidir. Hastalar 6 dakika boyunca düz bir koridorda yürüyebildikleri kadar çok yürümeli ve çok mesafe katetmelidirler. Test sırasında testi uygulayan teknisyen tarafından standardize komutlar ve cesaretlendirme cümleleri kullanılmalıdır. Testin primer sonlanım noktası, hastanın 6 dakika boyunca yürüdüğü toplam mesafe olan, 6 dakika yürüme mesafesidir. 6DYT, yapısal geçerliliği yüksek, egzersiz performansı ve fiziksel aktivite ölçekleri ile yüksek düzeyde korelasyon gösteren bir testtir. Başlıca kullanım alanları:

1. Fonksiyonel egzersiz performansının değerlendirilmesi,
2. Kardiyak veya solunum hastalığı olan olgularda fonksiyonel durumun değerlendirilmesi,
3. Tedavi etkinliğinin değerlendirilmesi ve takibi,
4. Prognoz tayini,
5. Akciğer cerrahisi öncesinde değerlendirme
6. Akciğer transplant endikasyonu için
7. Pulmoner rehabilitasyon programlarında uygulanacak egzersiz yoğunluğunun belirlenmesidir.

Altı dakika yürüme mesafesi, testin uygulanışı sırasındaki değişikliklere oldukça duyarlı bir parametredir. Bu nedenle tanımlanan teknik standartlara uyulması oldukça önemlidir. 2014 yılında Avrupa Solunum Derneği ve Amerikan Toraks Derneği yayınladıkları Teknik Standartlar

Raporunda test yöntemini ve uyumun önemini ayrıntıyla vurgulamaktadır.

Testin Uygulanışı:

Ekipman:

Testin gerçekleştirilmesi için gerekli ekipman şöyledir:

- En az bir sandalye: test parkurunun sonuna yerleştirilmelidir
- Dispne ve yorgunluğun değerlendirilmesi için validasyonu yapılmış bir ölçek
- Sfingomanometre
- Pulse oksimetre
- Kronometre
- Daha önceden ölçüm yapılmış parkurda, mesafe ölçümünü kolaylaştırmak için belirli aralıklarla yerleştirilen işaretler
- Oksijen ve telefon (acil durumlar için)
- Acil planı
- Taşınabilir oksijen sitemi
- Test sırasında elde edilen verilerin kaydedileceği formlar

Lokalizasyon ve personel:

Test, sakin bir alanda uygun test parkuru oluşturularak uygulanmalıdır. Seçilen alan bir fizyoterapi odası veya özellikle egzersiz testlerinin gerçekleştirildiği bir ünite olabilir. Ortam uygun sıcaklık ve havalandırmaya sahip olmalıdır. Ayrıca, acil durumlar için uygun bir alanda konumlandırılmalı, acil durumda gerekebilecek tüm malzeme ve ilaçlar ulaşılabilir bir noktada olmalı. Özellikle oksijen desteği, sublingual nitrogliserin ve salbutamol acil çantasında bulunmalıdır. Yine acil durumlarda kullanılmak üzere bir telefon bulunmalıdır. Testi yapan personelin temel yaşam desteği için sertifikası olmalı, test süresince doktorun alanda bulunması gerekliliğine testi isteyen hekim karar vermelidir.

Hastanın değerlendirmesi:

Alan testleri tıpkı kardiyopulmoner egzersiz testlerinde olduğu gibi pik Vo_2 ve pik kalp hızına ulaşabilen testlerdir. Bu nedenle maksimal egzersiz testleri öncesi sorgulanan hastalık ve risk faktörlerinin gözden geçirilmesi

gerekmektedir. Stabil *angina pektoris* varlığı 6DYT için bir kontrendikasyon değildir. Ancak hastaların testi, anti-anjinal ilaçlarını kullandıktan sonra gerçekleştirmesi ve kurtarıcı nitrat desteğinin el altında bulundurulması önerilmektedir. Son 30 gün içinde anstabil angina ve myokard infarktüsü öyküsü olması kesin kontrendikasyondur. Eşlik eden hastalıklar ve hastanın kullanmakta olduğu ilaçlar test öncesi sorgulanmalı ve kaydedilmelidir. İstirahat kalp hızının 120/dk olması, senkop, akut solunum yetmezliği, kontrolsüz hipertansiyon rölatif kontrendikasyonlar içindedir. Testi yapan kişinin hasta güvenliği için hastayı test sırasında izlemesi ve gerektiğinde işlemi durdurması gerekebilir.

Alan Testleri İçin Rölatif Kontrendikasyonlar

- Sol ana koroner arter stenozu veya eşdeğeri
- Orta derece stenotik valvuler kalp hastalığı
- İstirahatte kontrolsüz hipertansiyon
  - Sistolik KB > 200 mmHg, Diastolik KB > 120 mmHg
- 2. veya 3. derece AV blok
- Taşiaritmi veya bradiaritmi
- Hipertrofik kardiyomyopati
- Ciddi pulmoner hipertansiyon
- İleri gebelik haftası veya riskli gebelik
- Elektrolit imbalansı
- Yürümeyi engelleyen ortopedik durumlar

Alan Testleri İçin Kesin Kontrendikasyonlar

• Akut MI (3-5 gün)	• Akut pulmoner emboli
• Unstabil angina	• Alt ekstremitede derin ven trombozu
• Kontrolsüz aritmi	• Kontrolsüz astım
• Senkop	• Pulmoner ödem
• Aktif endokardit	• İstirahatte oda havası satürasyonu ≤%85
• Akut myokardit / perikardit	• Akut solunum yetmezliği
• Semptomatik ciddi aort darlığı	• Kooperasyonu kısıtlayan mental durum
• Kontrolsüz kalp yetmezliği	• Dissekan anevrizma şüphesi

Hastanın hazırlanması:

Test sırasında rahat kıyafet ve uygun ayakkabı giyilmelidir. Hastanın günlük hayatında kullandığı yürümeye yardımcı elemanları varsa, test

sırasında da kullanılmalıdır. Testten 2 saat önce ağır egzersizden kaçınılmalı, hastalar günlük ilaçlarını kullanmaya devam etmelidir. Test öncesi ısınma egzersizlerine izin verilmez. Hasta test öncesi 15 dakika istirahat etmelidir. *Öğrenme etkisi* tanımlandığından test öncesinde, testin kısa bir versiyonu uygulanmamalıdır. Solunum fonksiyon testleri yapılacak ise alan testlerinden önce yapılır, böylece egzersizin solunum fonksiyonları üzerine etkisi bertaraf edilmiş olacaktır.

Oksijen kullanımı:

Test sırasındaki *en düşük* SpO_2 hastalık şiddeti için önemli bir belirteçtir. Test sırasındaki en düşük SpO_2 ile test sonu SpO_2 farklı olabilir. Bu nedenle **test boyunca oksijen saturasyonunun monitörizasyonu ve en düşük SpO_2'nin kaydı** önerilir. USOT kullanan hastalara test süresince oksijen desteği verilmelidir. Birden fazla test ve karşılaştırma planlanıyor ise her test için **aynı düzeyde** oksijen desteği sağlanmalıdır. Oksijen kaynağının türü ve oksijen ihtiyacında artış geliştiği durumlar test sonucunda belirtilmelidir. Oksijen desteği kullanılacaksa mümkünse hastanın taşıyabileceği kaynaklar kullanılmalı, hasta taşıyamıyor ise personel tarafından test yürüme hızını etkilemeyecek şekilde, personel hastanın arkasından yürüyerek oksijen desteği sağlanmalıdır. Test sırasında hastanın ihtiyaç duyacağı oksijen düzeyi bilinmiyorsa, öncelikle bir test gerçekleştirilerek titrasyonla optimum oksijen düzeyi belirlenmeli, sonra belirlenen düzeydeki oksijen desteği ile bir test daha gerçekleştirilerek 6DYM ölçülmeli ve kaydedilmelidir.

Kullanmakta olduğu ilaçların kullanımı / devamı:

Hasta sürekli kullanmakta olduğu ilaçlara devam eder. Tedavinin türü, dozu, kullanım şekli ve test öncesi kullanım saati kaydedilmelidir. KOAH hastalarında bronkodilatör kullanımı sonrasında dispnenin azaldığı gösterilmiş olmakla beraber, küçük bir farklılık yaratan bu durumun klinik önemi gösterilememiştir.

Ölçümler:

Test öncesinde hasta başlangıç noktasına yakın bir noktada bulunan sandalyede dinlenir. Bu sırasında test için kesin veya rölatif kontrendikasyon olup olmadığı değerlendirilir.

<u>İstirahat sırasında aşağıdaki ölçümler gerçekleştirilir:</u>

- Oksijen saturasyonu ve nabız (pulse oksimetre ile)
- Başlangıç dispne ve yorgunluk durumu (Borg skalası ile)

- Kan basıncı

Test başlamadan hemen önce:

- Belirtilen standart test yönergeleri hastaya okunur.
- Hasta, test başlangıç noktasında bekler. Hasta yürümeye başladığı anda kronometre süre ölçmek üzere başlatılır. Pulse oksimetre uygun şekilde yerleştirilir.

6 DAKİKA YÜRÜME TESTİ İÇİN STANDART YÖNERGELER
Bu testin amacı 6 dakika boyunca yürüyebildiğiniz kadar **çok** yol yürümenizdir. 6 dakika süresince bu parkurda, işaretler arasında gidebildiğiniz kadar çok yürüyeceksiniz.
6 dakika boyunca geçen her bir dakikayı size bildireceğim ve 6. dakikada olduğunuz yerde durmanızı isteyeceğim. 6 dakika uzun bir süre, bu nedenle yorulacaksınız. Gerek duyduğunuzda yavaşlayabilirsiniz, durabilirsiniz, ancak lütfen mümkün olan en kısa sürede tekrar yürümeye başlayın.
Unutmayın, hedefiniz 6 dakika boyunca yürüyebildiğiniz **kadar çok yol** yürümenizdir, **fakat koşmayın**
Sorunuz var mı?

- 6DYT amaç yürünebildiği kadar çok mesafe katetmektir. Bu nedenle hastayı yönlendirirken buna odaklanmak gerekir. Öte yandan hıza odaklanmak ve daha hızlı daha hızlı demek doğru değildir. Çünkü bu durumda hasta çabuk tıkanıp, yürüyebileceği mesafeyi katedemeyebilir.

Test süresince:

- Oksijen saturasyonu ve kalp hızının test süresince monitörizasyonu ve en düşük SpO_2'nin kaydı önerilir. Bu sırada, hastanın yürüme hızına etki etmemeye (hastanın arkasında kalarak) özen gösterilmelidir. Ölçüm probunun uygun yerleştiği ve doğru ölçüm yaptığından emin olunmalıdır. **Aşağıdaki durumların varlığında testin erken sonlandırılması gerekmektedir.**
    - Oksijen saturasyonunun %80 altına düşmesi. Bu durumda beklenir ve oksijen saturasyonu %85 üstüne çıktığında teste tekrar başlanabilir
    - Göğüs ağrısı
    - Şiddetli dispne

- Bacak krampı
- Sendeleme
- Terleme
- Solgun görünüm

6 DAKİKA YÜRÜME TESTİ İÇİN STANDART YÖNERGELER	
1. Dakika	İyi gidiyorsunuz. 5 dakikanız daha var.
2. Dakika	Gayet iyi gidiyorsunuz, aynen devam edin. 4 dakikanız daha var.
3. Dakika	İyi gidiyorsunuz. Yolu yarıladınız.
4. Dakika	Gayet iyi gidiyorsunuz, aynen devam edin. Sadece 2 dakikanız kaldı.
5. Dakika	İyi gidiyorsunuz. Sadece 1 dakikanız kaldı.
6. Dakika	Lütfen olduğunuz yerde durunuz.
Hasta test sırasında durduysa, spo2 ≥ %85 olduysa her 30 sn'de bir	Lütfen yürümeye başlayabildiğiniz zaman yürümeye devam edin.

Test bitiminde:

- Süratle oksijen saturasyonu ve nabız kaydedilir.
- Hastadan dispne ve yorgunluğunu Borg skalasına göre belirtmesi istenir
- Testin (erken) sonlandırılmasının nedeni sorgulanır.

Test tekrarı:

Aynı gün içinde testin tekrarlanması gereken durumlarda, iki test arasında en az 30 dakika süre olmalıdır. İkinci test öncesinde hastanın saturasyon ve nabız değerleri bazal değerlerine dönmüş olmalıdır.

Kalite kontrol:

Pulse oksimetrenin çalışması kontrol edilir. Parkurun uygun ölçülüp işaretlendiği kontrol edilir. Düzenli kayıt tutulması önerilir. Testi uygulayan kişilerin bu teknik standartlara hâkim olması gerekmektedir.

Öğrenme etkisi:

İki veya daha fazla test uygulandığında ***öğrenme etkisi*** ile daha uzun yürüme mesafeleri kaydedilmiştir (26.3m). Bu durum özellikle 6DYT teda-

vi yanıtını değerlendirmek üzere kullanıldığı durumlarda önem kazanmaktadır. Bu durumda ***2 test*** yapılması ve iyi olan test sonucunun dikkate alınması önerilmektedir. Üç testten sonra bu etki kaybolmakta, 6DYM değişmemektedir.

Advers olaylar:

6DYT sırasında bildirilen komplikasyonlar oksijen desaturasyonu, göğüs ağrısı ve taşikardidir.

Klinik önem:

6DYT'de ana sonuç yürünen son mesafedir. Sağlıklı bireylerde bu mesafe 400-700 metredir. Normal değerler için referans değerler mevcuttur. Kişilerin kilosu ve yaşı sonuçları etkiler. Test nefes darlığı ya da hipokseminin nedenini ortaya koyamaz. Bu durumda bulguların kardiyak, pulmoner ya da kas iskelet sistemine ait olması muhtemeldir. KOAH hastalığının ağırlığını göstermede önemli bir parametredir. Düşük yürüme mesafeleri yaşam kalitesinde bozulma, fonksiyonel durumda bozulma ve kötü prognoz ile ilişkilidir. KOAH gibi kronik akciğer hastalığı olan olgularda beklenen yürüme mesafesi 300-450 m aralığındadır. 350 m ve altındaki yürüme mesafeleri alevlenme riskinde artış ve mortalite ile ilişkilidir. 2 ölçüm arası 54 m değişim iyileşme ya da kötüleşme olarak kabul edilebilir.

İdiopatik pulmoner fibroziste 6DY mesafesi < 250 m kötü prognoz kriteridir. 24 hafta arayla yapılan iki ölçümde 50 m kayıp mortaliteyi 2-3 kat artırır.

Genel olarak kronik akciğer hastalığı olanlarda 2 ölçüm arasında beklenen minumum klinik önemli mesafe 14-35 metredir.

Kronik böbrek ve karaciğer hastalığı da 6DYT de kötü performansa yol açar.

20-10 m'lik mesafeler için de referans değerler oluşturulmuştur. Öte yandan uzun koridorların olması daha iyi sonuçlara neden olur.

KAYNAKLAR

1. Holland A, et. al. An official European Respiratory Society/ American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. 2014 Dec;44(6):1428-46.
2. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111–117.
3. Six Minute Walk Test. Harold A. Matos Casano; Fatima Anjum. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. Bookshelf ID: NBK576420.
4. Six Minute Walk Test. Agarwala P; Salzman SH. CHEST 2020; 157(3):603-611.

SFT Rapor Formatı

Prof. Dr. Sevgi Saryal

Her spirometri laboratuvarının standart bir rapor formatı olmalı, bu rapor testin doğru yorumlanabilmesi için gerekli tüm bilgileri içermelidir. Spirometri raporu deneğe ait temel ve klinik bilgiler, referans değerleri, ölçüm değerleri, grafiksel analiz ve yorum bölümünü kapsamalıdır.

Rapor formunun en başında solunum fonksiyon testinin yapıldığı kurumun adı belirtilmelidir (Şekil 1A).

Temel bilgiler:

(Şekil 1B): Hastanın adı soyadı, hastane protokol numarası, test tarihi, yaşı, cinsiyeti, etnik özelliği, sigara öyküsü, mesleği, hastalık tanısı veya belli başlı semptomları belirtilmelidir. Testi yapan solunum fonksiyon teknisyeninin adı ve varsa laboratuvar sorumlusu hekimin adı da raporda bulunmalıdır.

Hastanın boyu (cm), vücut ağırlığı (kg), cinsiyeti (K/E) ve etnik özelliği (beyaz, siyah, sarı ırk) spirometrik ölçümleri etkileyen özelliklerdir. Spirometrik parametreler boy ile doğru, yaş ile ters orantılıdır. Boy ve kilo her test öncesinde teknisyen tarafından ölçülmeli, hasta beyanı esas alınmamalıdır. Hastaların boylarının gerçek değerinden uzun, kilolarını düşük söyledikleri gözlenmiştir.

Boy ölçümü ayakta, ayakkabı olmadan ve topuklar bitişik olarak yapılmalıdır. Ölçümün doğru olması için doğru pozisyon verilmelidir. Topuklar, baldırlar, kalçalar ve sırt aynı düzlemde olmalıdır. Çene ve yüz hafifçe yukarı kaldırılmalı, gözün alt kısmı ve kulak deliği arasındaki çizgi yere paralel olmalıdır. Bu pozisyonda başın tepesinden yere paralel olarak boy cm cinsinden ölçülmelidir.

Ayakta duramayan veya omurga deformitesi olan hastalarda kulaç boyu alınmalıdır. Bu amaçla kollar iki yana açılarak orta parmak uçları arasındaki en uzun mesafe ölçülür ve gerçek boy aşağıdaki formülden hesaplanır:

Boy= Kulaç boyu/1.06

Kadın ve erkek için normal değerler farklı formüllerden hesaplanmaktadır. Spirometrik parametreler ve volümler ırklara göre de farklılık göstermektedir.

Ölçüm sonuçları (Şekil 1C):

Sonuçlar belirli bir düzen içinde verilmelidir. Öncelikle spirometrik parametrelerin isimleri sıralanmalı ve birimleri de yanlarına eklenmelidir. Genellikle yaygın kullanılan sistemlerde ikinci sırada referans denklemine göre o yaş, o boy, o cins için hesaplanan değerler verilmektedir. 2017 ATS SFT komitesi genel uygulamanın tersine bu predikt değerlerin raporda belirtilmesinin yorumlamaya ek katkı sağlamadığını belirtmişlerdir. Üçüncü sırada hastanın ölçülen değerleri en iyi test (best test) olarak verilir. Geniş raporlarda hastaya yapılan tüm testlerin sonuçları da verilebilir. Bundan sonraki sütunlar hastaya ait ölçüm değerlerinin normale göre karşılaştırılmasını gösterir. GLİ referanslarının yayınlanmasından sonra geliştirilen spirometre yazılımlarına göre spirometri için normalin alt sınırı (LLN), diğer testler için normalin alt ve üst sınırları (LLN ve ULN), z-skoru ve ardından da normal referansa göre yüzde predikt değerler verilmelidir.

Spirometrik testlerde ölçülen parametreler birbiriyle bağlantılı olarak sıralanmalıdır. Gelişmiş spirometrelerde rapor formatı kullanıcı tarafından düzenlenebilmektedir.

Parametrelerin sıralaması aşağıdaki gibi olmalıdır:

DİNAMİK VOLÜMLER ve AKIM HIZLARI: Maksimal ekspiratuar akım hızları: FVC, FEV1, FEV1/FVC, PEFR, FEF25-75, FEF25, FEF 50, FEF75

Maksimal inspiratuar akım hızları: FIVC, FIV1, PİF, FIF50, FEF50/FIF50

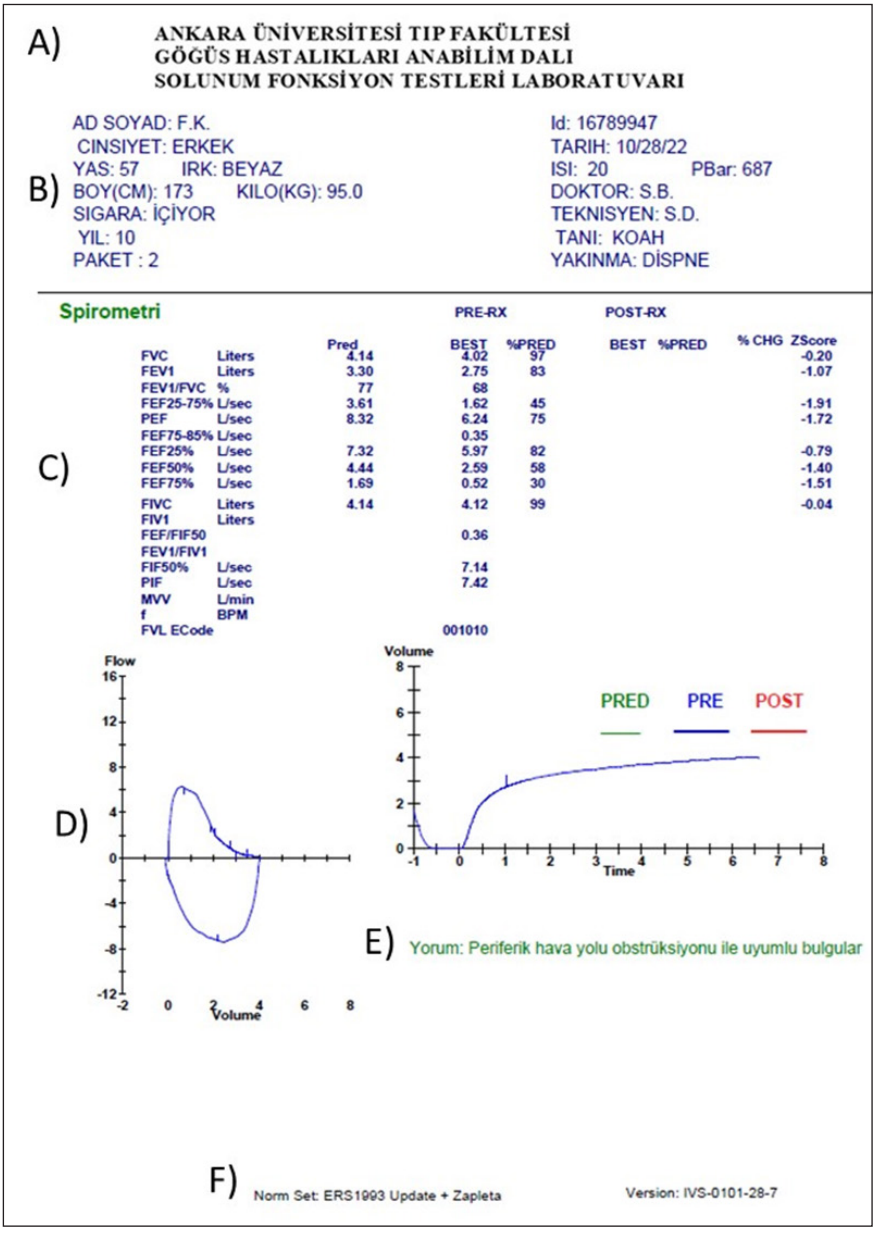
STATİK VOLÜMLER: VC, IC, ERV

MAKSİMAL İSTEMLİ VENTİLASYON: MVV

REVERZİBİLİTE TESTİ: Spirometrelerde pre ve post ölçüm seçenekleri bulunmaktadır. Akım hızları listesi bronkodilatör öncesi ve sonrası olarak iki bölüm hâlinde belirtilir ve % değişkenlik sütunu eklenir.

Grafiksel analiz (Şekil 1D): Spirometrik testlerin grafiksel analizi doğru yorum için önem taşımaktadır. Spirometri için volüm zaman ve maksimal ekspiratuar ve inspiratuar akım –volüm halkasının raporda bulunması uygun olur. Özellikle akım-volüm halkasındaki değişiklerin değerlendirilmesiyle obstrüktif ve restriktif ventilatuar defekt ayrımı

teknisyen tarafından da yapılabilir. Yukarı havayolları obstrüksiyonu da grafik ile tanımlanabilir. Volüm-zaman grafiği için volüm skalası en az



Şekil 1. Spirometri rapor örneği.

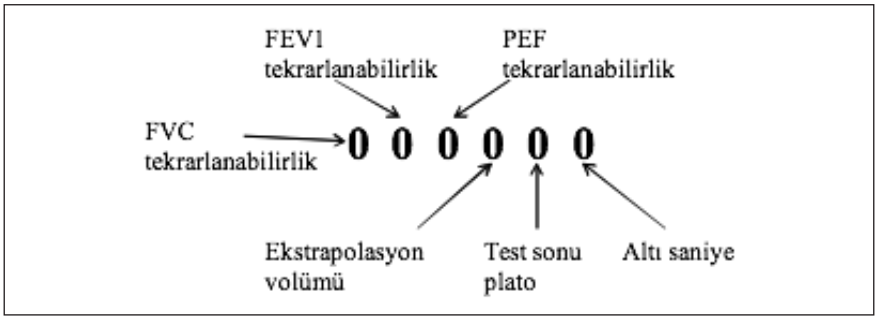
10mm/lt, zaman skalası en az 20 mm/sn olmalı, ekspirasyon başlangıcından bir saniye öncesi gösterilmelidir. Akım-volüm grafiğinde akım skalası en az 5mm/lt/sn ve akımın volüme oranı 2lt/sn -1lt olmalıdır.

Yorum (Şekil 1E): Raporda hekimin yorumunu yazabileceği ve imzalayacağı bir alan olmalıdır. SFT teknisyeni de yapılan testin teknik özelliklerini belirtebilir. Ancak test mutlaka hekim tarafından yorumlanmalı ve onaylanmalıdır.

Referans (Şekil 1F): Raporda esas alınan referans formülleri (beklenen normlar) raporun sonunda belirtilmelidir. Laboratuvarda kullanılacak olan referanslar önceden sorumlu hekim tarafından belirlenmiş olmalıdır. Doğru referans seçimi test sonuçlarının sağlıklı yorumlanması açısından önem taşımaktadır.

Test kalitesinin değerlendirilmesi: Test kalitesinin değerlendirilmesi solunum teknisyenine uyguladığı test hakkında geri bildirim sağlaması ve testin yorumlanmasında katkıda bulunması açısından önemlidir. Bu nedenle A-F derecelendirme sistemi önerilmiştir. Bu sisteme göre FVC ve FEV1 kalitesi ayrı ayrı değerlendirilir. Genel olarak A,B,C sınıfındaki testler kullanılabilir niteliktedir, D sınıfı sonuçlar şüpheli olarak değerlendirilir, E sınıfındaki testler yorumlayıcı tarafından sadece normal sınırlar içindeki değerleri göstermek amacıyla kısıtlı olarak kullanılabilir, F sınıfı ise kullanılmamalıdır. Yeni versiyon yazılımlar ile raporda kalite derecelendirmesi de kaydedilebilir.

Hata kodları (Şekil 2): En iyi test sütununun altında altı rakamlı hata kodunun belirtilmesi test manevrasının doğru yorumlanması için yararlıdır. 0 rakamı kalite kriterinin karşılandığını, 1 rakamı ise karşılanamadığını göstermektedir.



Şekil 2. Hata kodlarının anlamı.

KAYNAKLAR

1. Madama VC. Pulmonary Function Testing and Cardiopulmonary Stress Testing. 2nd Ed. Delmar Publishers, Albany, USA. 1998:165-205
2. Mottram CD. Ruppel's Manual of Pulmonary Function Testing. 11th Ed. Elsevier, St Louis, USA. 2018:415-465
3. Culver BH, Graham BL, Coates AL et al. Recommendations for a standardized pulmonary function report. An official American Thoracic Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med 2017;196(11):1463-1472.

Solunum Fonksiyon Testi Laboratuvarında Hijyen ve Enfeksiyon Kontrolü

Doç. Dr. Fatma Arslan

Solunum fonksiyon testi (SFT) laboratuvarı sağlık kuruluşunun diğer üniteleri gibi enfeksiyon kontrol önlemlerinin alınması gereken bir birimidir. Çok özel durumlar dışında her gün uygulanan solunum fonksiyon testleri teknisyen ve hasta için özel bir enfeksiyon riski oluşturmaz. Laboratuvarda alınacak temel hijyen önlemleri ile enfeksiyon riski en aza indirilebilir. Solunum fonksiyon testi laboratuvarında enfeksiyon kontrolünde amaç enfeksiyonun hastalara ve personele bulaşmasını önlemektir. Solunum fonksiyon testi sırasında enfeksiyon geçişi olduğu gösterilen olgu sayısı oldukça azdır ancak olma riski vardır. Enfeksiyon kontrolü spirometri, difüzyon kapasitesi ve akciğer hacimlerini ölçen cihazlarda kullanılan ekipmanları hedef almaktadır. Mikrorganizmalar ayrıca pulse oksimetre probları ve bronkodilatör verilen nebulizatör ve inhaler hazneleri yoluyla da geçebilir.

Enfeksiyon yayılma yolları:

Enfeksiyon, solunum fonksiyon testi laboratuvarında doğrudan veya dolaylı temas yolu ile yayılabilir.

Doğrudan Temas:

Üst hava yolundan salınan enfekte damlacıklar virüs, mikobakteri ve diğer bakteriler gibi çeşitli mikroorganizmaları barındırır. Doğrudan temas mikroorganizmayı içeren tükrük, balgam veya diğer vücut sıvılarıyla cilt teması olmasıdır. Solunum ve sindirim sistemi enfeksiyonları ile kan yoluyla geçen enfeksiyonların etkenlerinin doğrudan temas ile yayılma riski vardır. Hepatit ve HIV virüsünün tükürük ile geçişi düşük ihtimal olsa da ağızdaki açık yaralar veya kanayan diş etleri bu riski artırır. Hasta kişinin kullandığı ekipman üzerinde kalan damlacıklar iyi temizlenmediğinde arkasından teste alınan hastada çapraz enfeksiyon gelişmesine sebep olabilir. En riskli yerler hastayla temas eden ağızlıklar, burun klipsleri, kapakların ve tüplerin hastayla temas eden yüzeyleridir.

Dolaylı Temas:

Dolaylı temas hastanın ekipmana üflemesiyle üretilen ve aynı zamanda manevralar arasında test odasının havasında asılı aerosol damlacıklarda bulunan mikroorganizmayla temas olmasıdır. Tüberküloz ve virüslere bağlı enfeksiyonlar havada asılı damlacıklar yoluyla bulaşabilir. En riskli yerler yine ağızlıklar, kapakların ve tüplerin hastayla temas eden yüzeyleridir.

SFT laboratuvarında bulaş riski olan en önemli ve ciddi enfeksiyon tüberkülozdur. Tüberküloz bulaşı riski hakkında elimizde yeterli veri bulunmamaktadır. Ancak olma ihtimaline karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Tüberküloz enfeksiyonu geçişi damlacık içindeki aktif mikroorganizma ile olur. Hasta kişinin öksürmesi veya zorlu ekspiratuvar manevralar sırasında bu damlacıklar ortama salınır. Bu damlacıklar oda sıcaklığında bir süre canlılığını sürdürür. Damlacık yoluyla bulaşan tüberkülozda çevresel önlemler örneğin iyi havalandırma, hava filtrasyonu ve ultraviyole ışık kullanılabilir.

Alınacak Önlemler:

Solunum fonksiyon testlerinin göğüs hastalıkları uzmanının değerlendirmesinden sonra istenmesi önemlidir. Hastadan sorumlu hekimin enfeksiyon ve diğer risk faktörlerini işlem öncesi bildirmesi gerekli önlemlerin alınmasını sağlayacaktır. Ayrıca işlem öncesi hastalardan alınan öyküde enfeksiyon belirtileri sorgulanmalıdır. Test öncesi değerlendirmede ateş, öksürük, ciltte döküntü, yeni gelişen genel durum bozukluğu olan hastaların sorumlu hekimi bu konuda bilgilendirilmelidir.

Temas yoluyla bulaş için önlemler:

1. Teknisyen her testten önce ve sonra ellerini yıkamalı veya onaylı bir el dezenfektanı kullanmalı.
2. Mümkünse her test sırasında tek kullanımlık tıbbi eldiven kullanmalı.
3. Tek kullanımlık eldivenlerin kullanılması el yıkama veya dezenfekte etme ihtiyacını ortadan kaldırmaz, ancak eldiven kullanılıyorsa her hasta için yeni bir çift eldiven gerekir.
4. Teknisyenin elinde kesik veya yara var ise potansiyel kontamine donanıma dokunmadan önce mutlaka eldiven giymeli.
5. Tek kullanımlık ağızlıklar ve burun mandalı tercih edilmeli ve bunlar her testten sonra değiştirilmeli.

6. Tek kullanımlık ağızlık ve burun mandalı kullanılamıyorsa veya tekrar solumalı sistemler kullanılmak zorunda ise ağızlık, tüp ve kapaklar her testten sonra değiştirilmeli ve dezenfekte edilmeli.
7. SFT laboratuvarında ortaya çıkan ağızlık, peçete vb tek kullanımlık atıklar kolay ulaşılabilen ve görünür yerlerdeki çöp kutularına atılarak derhal ortamdan uzaklaştırılmalı.
8. Hastalar testten önce ve sonra ellerini yıkamalı veya onaylı bir el dezenfektan jeli veya mendili ile temizlemeli.
9. Aktif enfeksiyonları olan sağlık çalışanları hastalıkları süresince laboratuvarda çalışmamalı
10. Teknisyenler düzenli aşılanmalı (grip aşısı, hepatit B aşısı).
11. Aletler üretici firmanın önerilerine göre temizlenmeli.

Damlacık yoluyla bulaş için önlemler:

1. Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı.
2. İki test arasında damlacıkların çökmesine yetecek kadar süre bırakılmalı.
3. Her testten sonra yüzeyler temizlenmeli.
4. Hacim spirometrelerinde her yeni hasta testinden önce cihaz oda havası ile en az beş kere en yüksek ve en düşük hava hacimleri kullanılarak işlemden geçirilmeli.

Hava yoluyla bulaş için önlemler:

1. Kişisel korunma ekipmanları kullanılmalı.
2. Maske kullanılmalı (N95).
3. Testten sonra cihazın hastayla temas eden parçalarının derhal dezenfekte edilmeli.
4. Aktif enfeksiyonu olan veya enfeksiyon riski olduğu bilinen hastaların testleri günün sonunda, günlük temizlikten hemen önce yapılmalı.
5. Enfekte hastalarda mümkünse ayrı cihazlar kullanılabilir.
6. Test ayrı odada ve mümkünse negatif basınçlı odada yapılabilir.

Teknisyene enfeksiyon bulaşının önlenmesi:

Kontamine spirometre yüzeyinden teknisyene enfeksiyon bulaşının önlenmesinde en etkin yöntemler işlem öncesi, sonrası ve temastan hemen

sonra el yıkama ve bariyer materyallerin örneğin uygun eldivenlerin kullanılmasıdır. Teknisyenin elinde kesik veya yara var ise potansiyel kontamine donanıma dokunmadan önce mutlaka eldiven giymelidir. Her hastadan sonra el yıkanmalıdır. Lodophors, chlorhexidine gluconate, triclosan, biphenylol, ve chloroxylenol ile hazırlanan deterjanlar el sterilizasyonunda kullanılabilir. El yıkanan lavabolar dirsek veya bilek hizasında ve otomatik olarak dokunmadan kullanılabilmelidir. Sağlık çalışanlarının korunması için Hepatit B-Hepatit C virüsü'ne karşı aşılanmaları yapılmalıdır.

Çapraz-Kontaminasyonun Önlenmesi:

Çapraz-kontaminasyonu önlemek için çok kullanımlık ağızlıklar, setler, tüpler, kapaklar, burun mandalları ve manifoldlar düzenli olarak dezenfekte ve sterilize edilmelidir. Sterilizasyonda sıcak yöntemler önerilmez. Cihazların bazı parçalarına soğuk sterilize edici kimyasal ajanlar da zararlı olabilir. Bu sebeple teknisyenler üreticilerin tavsiyelerine uymalıdır. Üreticiler, cihazın kılavuzunda ekipmanın her parçasının temizleme ve sterilizasyonu için gerekli işlemleri, kimyasalları ve konsantrasyonlarını açıkça belirtmelidir. Özellikle kistik fibrozlu hastalar gibi risk altındaki popülasyonlar için özel enfeksiyon kontrol gereklilikleri, hem üreticilerin hem de bu belgedeki önerilerin yerine geçebilir. Hastane enfeksiyon kontrol komitesinin önerileri de izlenmeli ancak iki öneride çelişen koşullar varsa tartışılarak karar verilmelidir.

Laboratuvarın Fiziki Yapısı ile İlgili Önlemler:

Laboratuvar alt yapısı da enfeksiyon geçişinde önemli rol oynar. Laboratuvarın hastanenin sakin bir bölümünde, gün ışığı alan, aydınlık ve açık hava ile havalandırılabilen bir yer olması tercih edilmelidir. Laboratuvarın havalandırma sistemleri ve klima vb. iklimlendirme cihazlarının filtreleri sık sık temizlenmelidir.

Hastaların Gözlemlenmesi:

SFT laboratuvarında soğuk algınlığı gibi düşük riskli enfeksiyonlardan tüberküloz gibi yüksek riskli enfeksiyonlara kadar geniş bir yelpazede enfeksiyon riski olabilir.

Enfekte hastaların laboratuvar içinde cerrahi maske giymesi sağlanmalıdır. Eğer ortam şartları uygunsa ayrı bir bekleme odasında bekletilmelidir. Aynı anda çoklu test uygulanıyorsa hastaların en az 1 metre aralıklı olmaları enfeksiyon kontrolüne yardım eder. Bekleme odasında da hastaların teması minimuma indirilmelidir. Cerrahi maskeler, kağıt havlu-

lar, çöp kovaları, alkol bazlı temizleyiciler hastaların kolayca ulaşabileceği yerde olmalıdır.

Bağışıklığı baskılanmış hastaların testleri günün ilk saatlerinde diğer hastalardan önce yapılmalı, enfekte hastaların testleri ise günün ya da haftanın sonunda gerekli önlemler alındıktan sonra yapılmalıdır. Mycobacterium tuberculosis veya Staphylococcus aureus ile enfeksiyon riski olan olguların zorunlu değil ise teste alınmaması önerilir.

Spirometre:

Spirometreler SFT laboratuvarında en sık kullanılan cihazlardır. Spirometreler için tek kullanımlık, sıralı filtrelerin kullanımı çoğu tesiste standart uygulama hâline gelmiştir. Çeşitli bileşenleri içinde ağızlıklar bakteriyel kontaminasyon için en yüksek riski taşır, ikinci sırada hastaya temas eden tüpler gelir. Ancak şimdiye kadar yapılan araştırmalarda cihazın içinden alınan örneklerde kontaminasyon bildirilmemiştir. Ultrasonik sistemlerde ise hasta sadece ağızlığa temas ettiği için enfeksiyon riski daha düşüktür.

Enfekte bir hastada ölçüm yapılacaksa akım sensörlü, sökülebilir pnömotakometresi olan spirometreler çok daha faydalı olacaktır. Bunlar uygun kullanıldığında her testten sonra tüp ve kapakları değiştirme ihtiyacını ortadan kaldırır.

Açık devre sisteminde ise rebreathing (tekrar soluma) olan kısımlar her hastada temizlenmeli ya da tek kullanımlık olanlar kullanılmalıdır. Açık devre tekniğinde (Hacim veya akım spirometresi) inspirasyon olmadığında sadece ağızlığın değişmesi yeterlidir. Ancak hastanın cihazdan inhale etmediğine emin olmak zordur. Düşük dirençli tek yönlü kapak inhalasyonu engellemek için kullanılabilir.

Filtreler, ağızlıklar, burun klipsleri ve eldivenler dahil olmak üzere tüm tek kullanımlık ürünler, test seansının sonunda atılmalıdır.

Testler arasında an az beş dakika mola olması da yerçekimsel çökme ile mikroorganizmaların azalmasını sağlar.

Tek kullanımlık bakteri filtreleri:

Donanım kontaminasyonunu önlemek için en etkin ve en ucuz yöntem test sırasında tek kullanımlık bakteri filtresinin kullanılmasıdır. Cihazın kalibrasyonlarıda filtre takılıyken yapılmalıdır. Bu filtreler kullanılsa dahi cihaz ve parçalarına gerekli sterilizasyon uygulanmalıdır.

Nebulizatör ve inhaler hazne:

Nebulizatör ve inhalerlerde ara parça olarak atomizer ve inhaler hazneler kullanılır. Bu cihaz ve aletlerin iyi temizlenmemesine bağlı enfeksiyon geçişi olabilir. Etkin temizlenmediğinde bakterileri ile kontaminasyon olma ihtimali yüksektir. Ayrıca cihazlar üzerinde bakteri kolonizasyonu olabilir. Bu kolonizasyonlar evde tedavi için bu cihazları kullanan hastalarda daha yaygındır. Bu cihazlar her kullanım sonrası sterilize edilmeli, tek kullanımlı ağızlık ve hazneler tercih edilmelidir.

Etkin ortam temizliği:

Kirli ortam, bakteri ve mantarların büyümesi için uygun bir kültür vasatıdır. Bu sebeple laboratuvarın genel temizliği enfeksiyon kontrolünde önemli bir adımdır. Yüksek kalitede temizlik mikroorganizmaların %90'ını yok eder.

Ortamda ortaya çıkan biyolojik atıklar uygun şekilde yok edilmelidir. Enfekte olan ve olmayan atıkların ayrılması da enfeksiyon kontrolüne yardım eder. Sıvı ve katı tıbbi atıkların ayrılması, sızdırmayan kutularda ve iyi havalanan bir yerde muhafaza edilmesi önerilir.

Laboratuvarda enfeksiyonu önleme yönergeleri:

- Her testten önce ve sonra ellerini yıka
- Test sırasında eldiven ve maske kullan
- Tek kullanımlık ağızlıklar ve burun mandalı tercih et ve her testten sonra değiştir
- Tek kullanımlık atıkları derhal at
- Hastaların testten önce ve sonra ellerini yıkamasını veya dezenfektan ile temizlemesini sağla
- İki test arasında yeterli süre bırak
- Odayı havalandır
- Düzenli aşı ol (grip aşısı, hepatit B aşısı)
- Aletleri ve yüzeyleri gerekli şekilde temizle
- Hacim spirometreleri her yeni testten önce cihaz oda havası ile en yüksek ve en düşük hava hacimleri kullanılarak işlemden geçir

- Aktif enfeksiyonu veya enfeksiyon riski olan hastaların testlerini günün sonunda yap
- Enfekte hastalarda mümkünse ayrı cihaz kullan

KAYNAKLAR

1. Wanger J. ATS Pulmonary Function Laboratory Management and Procedure Manual 3rd Edition. https://store.thoracic. org 6 june 2016.
2. Botman MJ, de Krieger RA. Contamination of small hacime medication nebulizers and its association with oropharyngeal colonization. J Hosp Infect 1987;10:204-8.
3. Dautzenberg B. Prevention of nosocomial infection during nebulization and spirometry. Rev Pneumol Clin 2001;57:91-8.
4. Denison DM, Cramer DS, Hanson PJV. Lung function testing and AIDS. Respir Med 1989;83:133-8. 16. Johns DP, Ingram C, Booth H, Williams TJ, Walters EH. Effect of microaerosol barrier fitler on the measurement of lung function. Chest 1995;107:1045-8.
5. Hazaleus RE, Cole J, Berdischewsk M. Tuberculin skin test conversion from exposure to contaminated pulmonary function testing apparatus. Respir Care 1981;26:53-5.
6. Burgos F, Torres A, Gonzalez J. et al. Bacterial colonization as a potential source of nosocomial respiratory infections in two types of spirometer. Eur Respir J 1996;9:2612-7.
7. Tabalan OC, Williams WW, Martone MJ. Infection control in pulmonary function laboratories. Infect Control 1985;6:442-4.
8. Kirk YL, Kenday K, Ashworth HA, Hunter PR. Labortaory evaluation of a filter fort he control of cross-infection during pulmonary function testing. J Hosp Infect 1992;20:193-8.
9. Rutala DR, Rutala WA, Weber DJ, Thomann CA. Infection risks associated with spirometry. Infect Control Hosp Epidemiol 1991;12:89-92.
10. Isles A, Maclusky I, Corey M. et al. Pseudomonas cepacia in cystic fibrosis: an emerging problem. J Pediatr 1984;104:206-10.
11. Du moulin GC, Stottmeier KD, Pelletier PA. et al. Concentration of Mycobacterium avium by hospital hot water systems. JAMA 1988;260:1599-601.
12. Kendrick AH, Johns DP, Leeming JP. Infection control of lung function equipment: A practical approach. Respir Med 2003;97:1163-79.
13. Clausen JL. Lung hacime equipment and infection control. ERS/ATS Workshop Report Series. European Respiratory Society/American Thoracic Society. Eur Respir J 1997;10: 1928-32.

14. Ducel G, Fabry J, Nicolle L. Epidemiology of nosocomial infections. Prevention of hospital-acquired infections. A practical guide. 2 nd ed., Ch. 1. World Health Organization, 2002;12:6-7. Tuberk Toraks 2017;65(2):117-130 Türk Toraks Derneği ulusal spirometri ve laboratuvar standartları 130
15. Unstead M, Stearnb MD, Cramer D. et al. An audit into the efficacy of single use bacterial/viral filters for the prevention of equipment contamination during lung function assessment. Respir Med 2006;100: 946-50.
16. Rasam SA, Apte KK, Salvi SS. Infection control in the pulmonary function test laboratory. Lung India 2015; 32:359-66.
17. Matlow A. Infection Control in the Physician's Office. The College of Physicians and Surgeons of Ontario; Ontario. 2004;4:17-20.
18. Singh V, Arya A, Mathur US. Bacteriology of spirometer tubing and evaluation of methodology to prevent transmission of infection. J Assoc Physicians India 1993;41: 193-4.
19. Pittet D, Allegranzi B, Boyce J; World Health Organization World Alliance for Patient Safety First Global Patient Safety Challenge Core Group of Experts. The World Health Organization guidelines on hand hygiene in health care and their consensus recommendations. Infect Control Hosp Epidemiol 2009;30:611–622.
20. Saiman L, Siegel JD, LiPuma JJ, Brown RF, Bryson EA, Chambers MJ, et al.; Cystic Fibrous Foundation; Society for Healthcare Epidemiology of America. Infection prevention and control guideline for cystic fibrosis: 2013 update. Infect Control Hosp Epidemiol 2014;35(Suppl 1):S1–S67.

Kullanılan Parametreler ve Birimler

ATS	Amerikan Solunum Derneği
ERS	Avrupa Solunum Derneği
BTPS (body temperature & pressure, saturated)	Ölçüm sonuçlarının vücut ısısı, atmosfer basıncı ve hava yolundaki doymuş su buharına ayarlanması
SFT	Solunum fonksiyon testi
L	Litre
sn	Saniye
dk	Dakika
L/sn	Saniyedeki birim hacim; akım hızı
L/dk	Dakikadaki birim hacim; akım hızı
°C	Sıcaklık birimi; santigrat derece-derece Celcius
cmH_2O	Basınç birimi; santimetre su
kPa	Basınç birimi; kilo paskal
FRC	Fonksiyonel rezidüel kapasite
ERV	Ekspiratuar rezerv hacim
ECSC	Avrupa Kömür ve Çelik Birliği
GLI	Global Solunum Fonksiyon İnisiyatifi
FEV1	1. saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim
FVC:	Zorlu vital kapasite
FEV1/FVC	1. saniyedeki zorlu ekspiratuar hacmin zorlu vital kapasiteye oranı
FEF%25-75	Maksimal ekspirasyon ortası akım hızı
FEF%75	Vital kapasitenin %75'indeki maksimal ekspiratuvar akım hızı
EOFE	Zorlu ekspirasyonun sonlandırma kriteri
BEV	Back-ekstrapolasyon hacmi

FET	Zorlu ekspirayon süresi
VC	Vital kapasite
SVC	Yavaş vital kapasite
FIVC	Zorlu inspiratuvar vital kapasite
ml	Mililitre
FEV6	6. saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim
LLN	Lower limit of normal, normal değerin alt sınırı
PEF-PEFR	Zorlu ekspiratuar tepe akım hızı
TLC	Total akciğer kapasitesi
PIF	Zorlu inspiratuvar tepe akım hızı
FIV1	1. saniyedeki zorlu inspiratuvar hacim
FIF%25-75	Maksimal inspirasyon ortası akım hızı
EVC	Ekspiratuvar vital kapasite
IVC	İnspiratuvar vital kapasite
IC	İnspiratuvar kapasite
MVV	Maksimal istemli ventilasyon
6DYT	Altı dakika yürüme testi
SpO_2	Pulse oksimetri ile ölçülen oksijen satürasyonu
USOT	Uzun süreli oksijen tedavisi

ISBN:978-605-72782-0-3

Türk Toraks Derneği
Turan Güneş Bulvarı No: 175/19 Çankaya-Ankara
Telefon: 0312 490 40 50 - Faks: 0312 490 41 42
toraks@toraks.org.tr - www.toraks.org.tr