

SFT: STATİK ÖLÇÜMLER

Dr Hayriye BEKTAŞ AKSOY

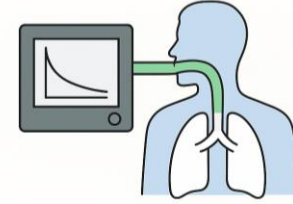
Giresun Üniversitesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Statik Ölçüm Yöntemleri

- **Nitrojen Washout Yöntemi** (FRC ölçümü)
MBW (Multiple Breath Washout-Çoklu Nefes Yıkama)
- **Helyum Dilüsyon Yöntemi** (FRC, RV, TLC ölçümü)
- **Vücut Pletismografisi** (en doğru RV ve TLC ölçümü)

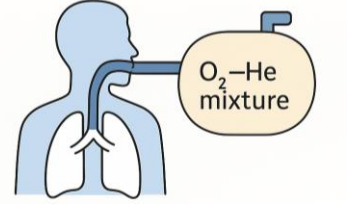


Nitrogen washout



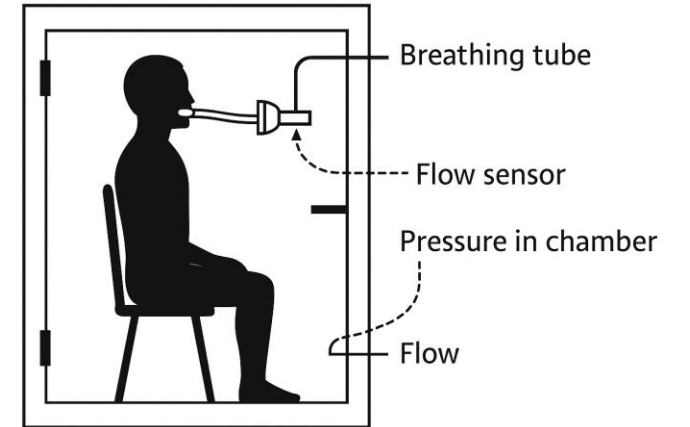
Person breathes
100% O₂

Helium dilution



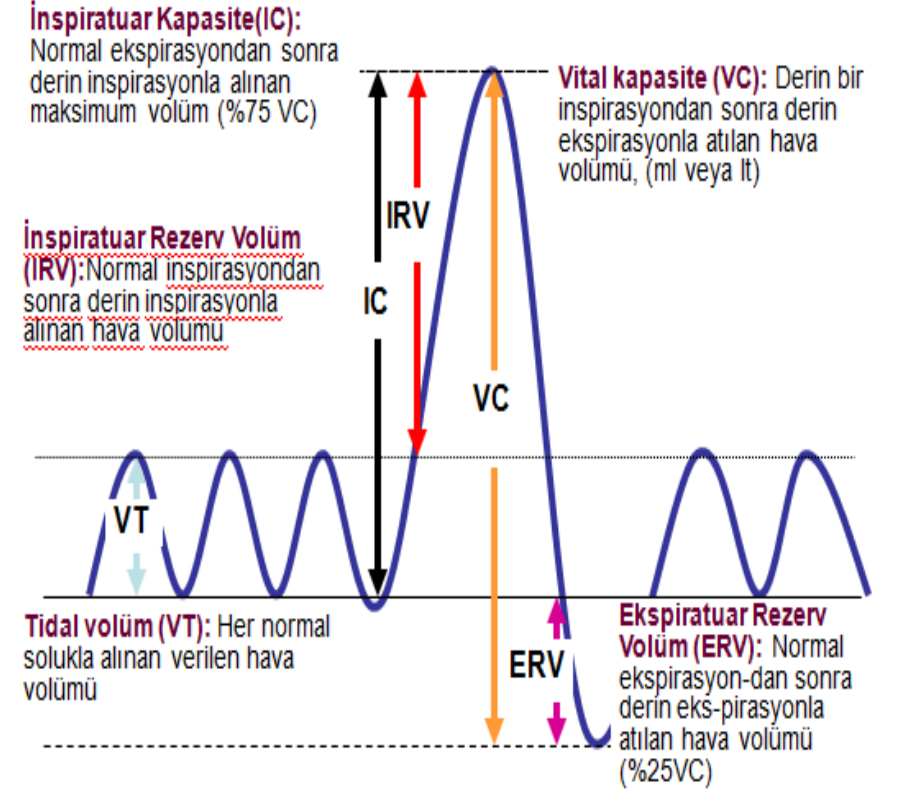
Closed system

Body Plethysmography



Akciğer Volümleri-Kapasiteleri

TV	Normal solunum siklusu sırasında solunan veya dışarı verilen volüm
IRV	Normal inspirasyon sonrası zorlu inspirasyon ile alınabilen volüm
ERV (%25 VC)	Normal ekspirasyon sonrası zorlu ekspirasyon ile dışarı verilen volüm
RV	Zorlu ekspirasyon sonrası akciğerlerde kalan hava hacmi





European Respiratory Society/American Thoracic Society
technical statement: standardisation of the measurement
of lung volumes, 2023 update

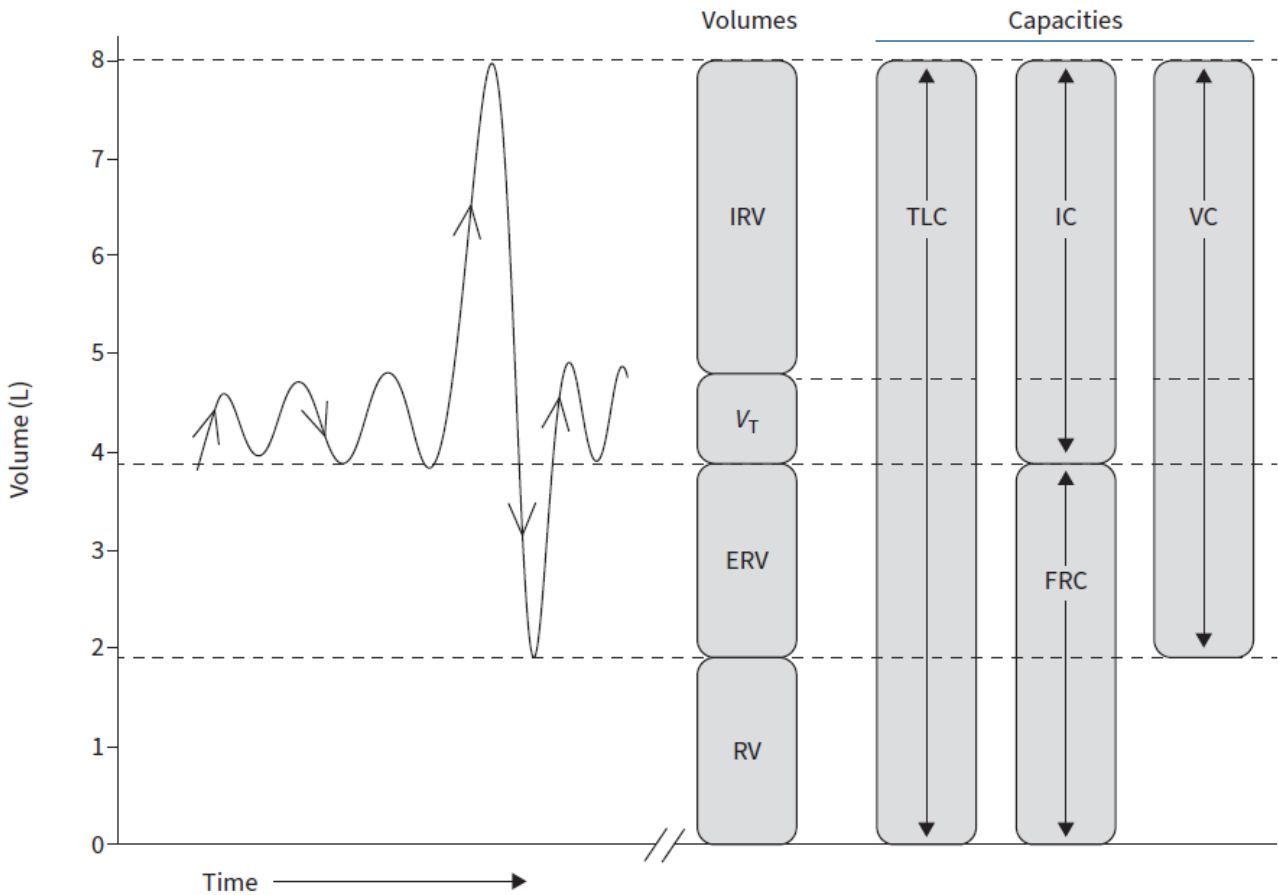


FIGURE 1 Static lung volumes and capacities based on a volume–time spirogram of an expiratory vital capacity (VC). IRV: inspiratory reserve volume; V_T : tidal volume; ERV: expiratory reserve volume; RV: residual volume; TLC: total lung capacity; IC: inspiratory capacity; FRC: functional residual capacity.

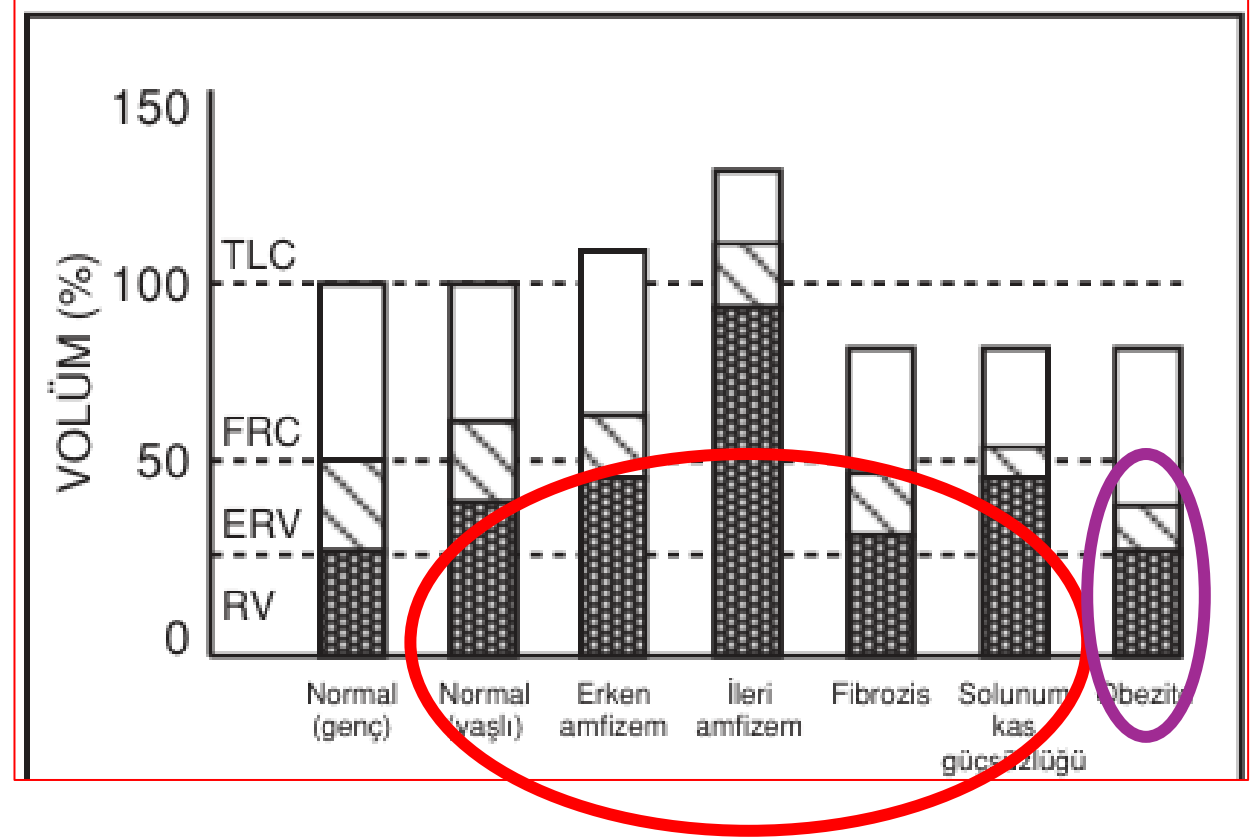
FRC (ERV+RV)	Normal ekspirasyon sonunda akciğerlerde kalan hava hacmi
TLC (VC+RV)	Maksimum inspirasyon sonunda akciğerlerde kalan hava hacmi

OBSTRUKTİF HAVAYOLU HASTALIKLARI	RESTRIKTİF HASTALIKLAR
KOAH	İnterstisyel Akciğer Hastalıkları
ASTIM	AKCİĞER ÖDEMİ (Kardiyak-Nonkardiyak)
BRONŞİEKTAZİ	Plevral Hastalıklar
KİSTİK FİBROZİS	Göğüs Duvarı Deformiteleri (Kifoskolyoz vb)
	Nöromusküler Hastalıklar (ALS, Polinöropati, MG vb)

Restriksiyon Derecesi	VC %	TLC %
Normal	80-120	80-120
Hafif	66-80	66-80
Orta	51-65	51-65
Ağır	≤50	≤50

RV Artışı

Intrapulmoner	Ekstrapulmoner
Yaygın havayolu obstrüksiyonu	Ekspiratuar kas güçsüzlüğü
Pulmoner vasküler konjesyon	Medulla spinalis hasarı
Mitral darlık	Miyopatiler



	OBSTRUKTİF AC HASTALIKLARI	İTERSTİSYEL AKCİĞER HASTALIĞI	NMD, GÖĞÜS DUVARI DEFORMİTELERİ
TLC	N veya ↑	↓	↓
FRC	↑	↓	↓
RV	↑	↓	N
RV/TLC	↑	N	↑
FRC/TLC	↑	N veya ↓	N veya ↓
VC	↓ veya N	↓	↓

Akciğer Volümleri Ölçüm Endikasyonlar

- Restriktif akciğer hastalığı tanısında
- Obstrüktif ve restriktif hastalık patternleri arasında ayırt edici olarak
- Preoperatif değerlendirme
- Tedaviye yanıt değerlendirme
- Diğer akciğer fonksiyon testlerine yardımcı olarak (DLCO vs)
- Hiperinflasyonun saptanması

Akciğer volüm azaltıcı cerrahisi öncesi değerlendirme

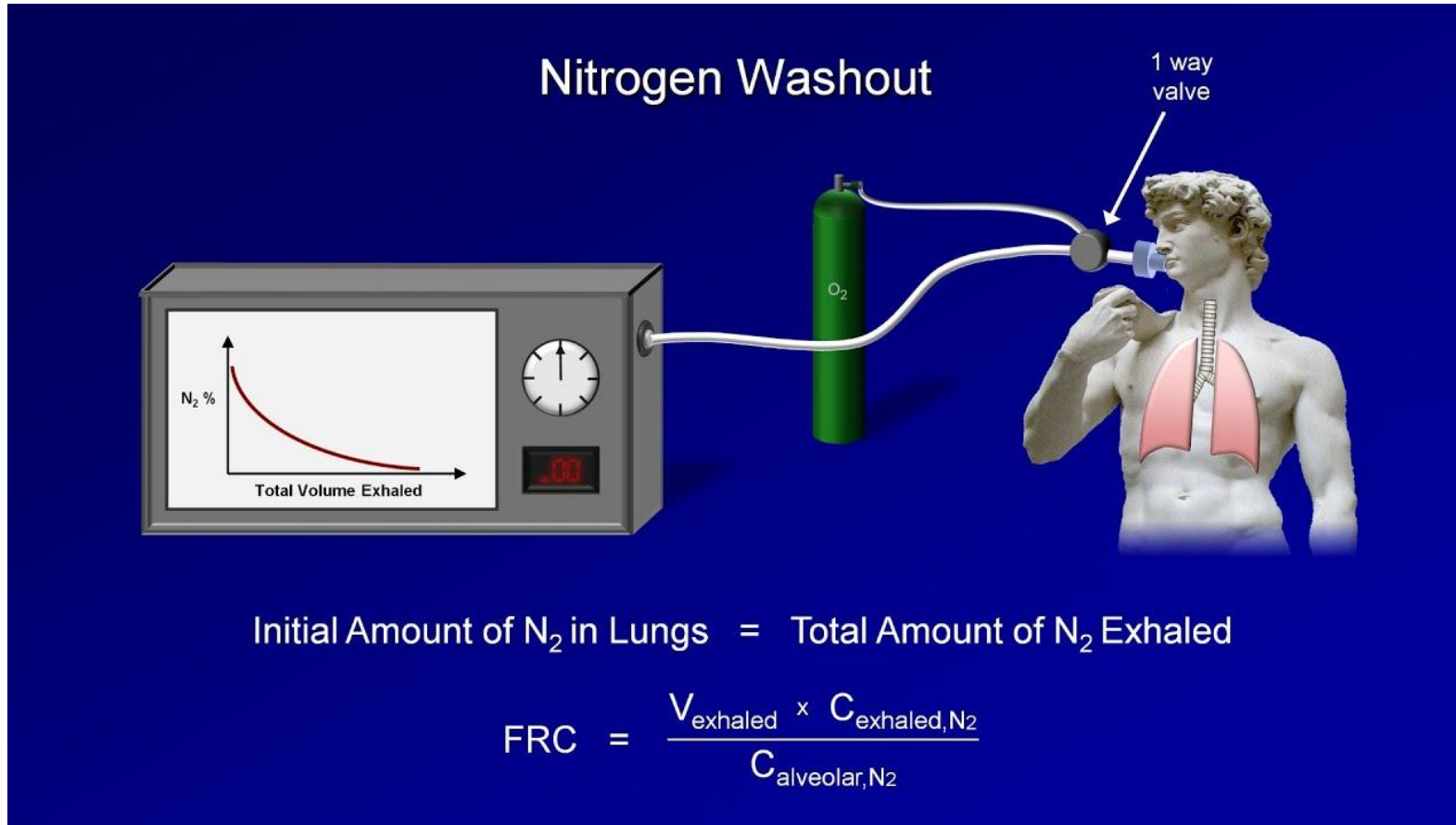
Nitrojen Washout Yöntemi

- **FRC** ölçmek için kullanılır
- Hastaya birkaç dakika % 100 O₂ solutularak akciğerlerde bulunan nitrojenin (N₂) dışarı atılması esasına dayanır.
- Ekspire edilen havadaki N₂ konsantrasyonu % 1'in altına ininceye kadar douglas torbasında toplanır.
- Süre: Yaklaşık 7-10 dk
- Arka arkaya üç soluk sırasında N₂ konsantrasyonunun < %1.5 olması durumunda test sonlandırılır.

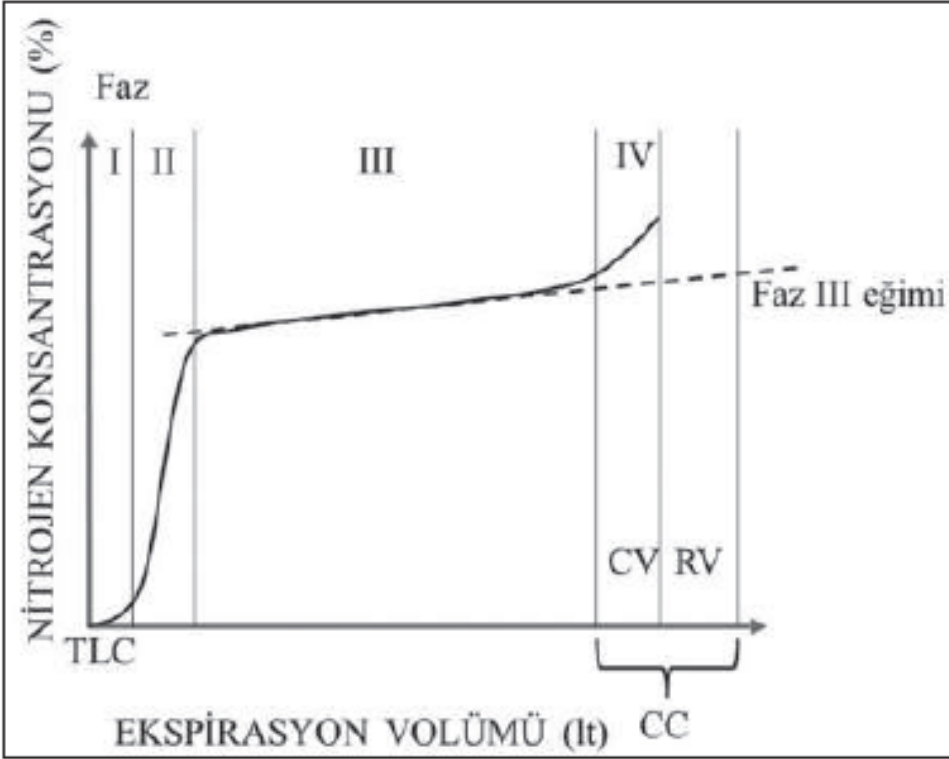
Nitrojen Washout Yöntemi

- İki test arası en az 15 dk olmalı
- İleri obstrüksiyon, akciğerde büller----en az 1 saat ara verilmeli
- Restriktif hastalıklarda N2 atılımı hızlı, obstrüktif hastalıklarda yavaş olur.
- Hiperkapnik KOAH'lı hastalarda uzun süreli %100 O2 soluturken dikkatli olunmalıdır.

Nitrojen Washout Yöntemi (Tek Soluk)



Nitrojen Washout Yöntemi (Tek Soluk)



- **Kapanma volümü (CV) ve kapanma kapasitesi (CC)** gibi parametreler periferik havayolu hasarını değerlendirmede kullanılır.
- **CV artışı, FEV₁ düşüklüğü olmadan erken havayolu değişikliklerini gösterebilir ve sigara içenlerde veya astım-KOAH gibi hastalıklarda erken tanı için önemlidir.**



OPEN ACCESS

EDITED BY
Fabrizio Luppi,
University of Milano-Bicocca, Italy

Small airways dysfunction in patients with systemic sclerosis and interstitial lung disease

- *Prospektif gözlemsel çalışma, **35 sistemik skleroz (SSc) hastası**
- *Sistemik sklerozda—özellikle ILD eşlik edenlerde—küçük havayolu disfonksiyonunun yaygın
- *Tek soluk nitrojen washout (N₂SBW) küçük havayolu disfonksiyonunu en iyi saptayan test oldu.



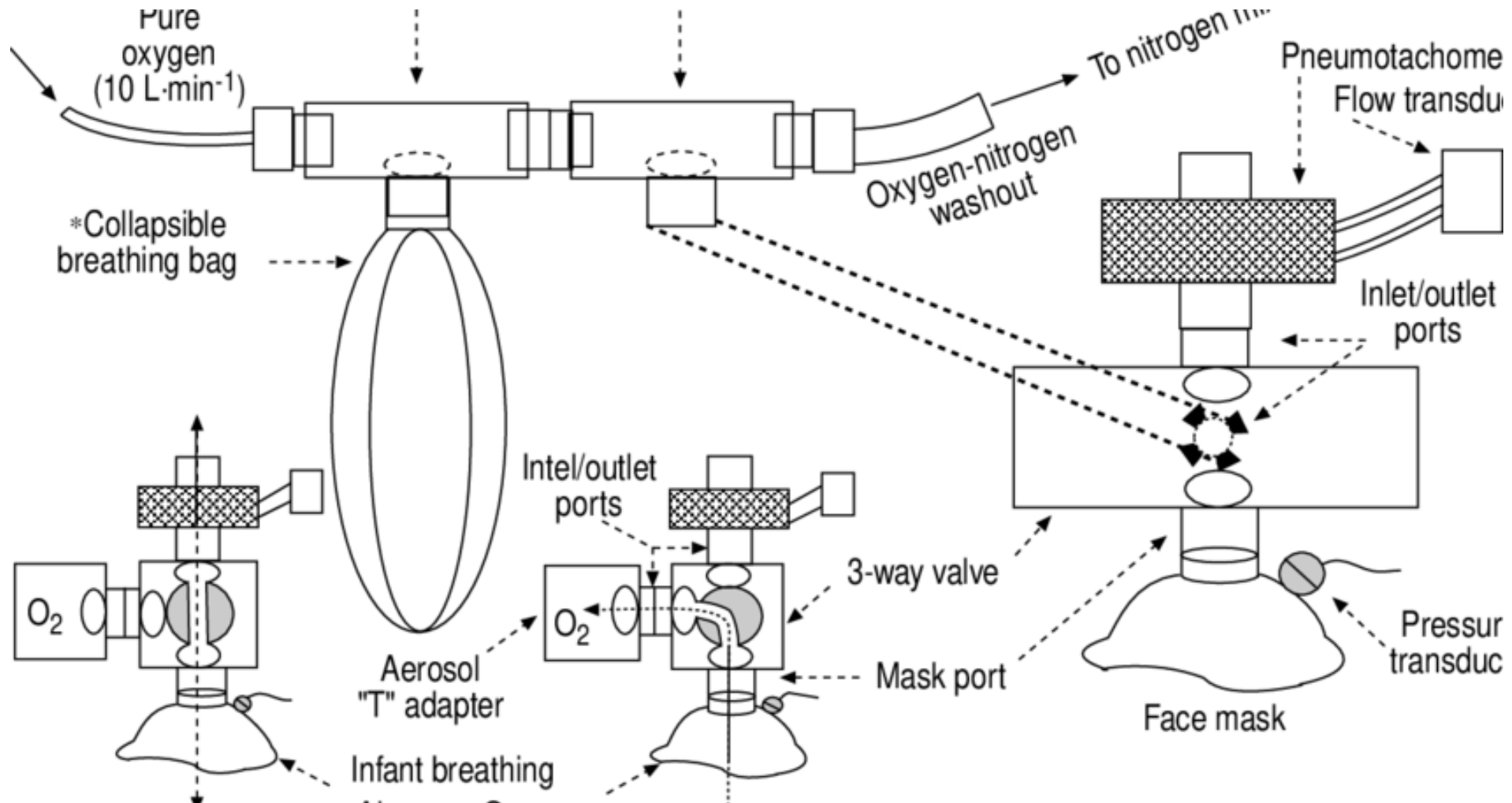
Article

Small Airways Dysfunction and Lung Hyperinflation in Long COVID-19 Patients as Potential Mechanisms of Persistent Dyspnoea

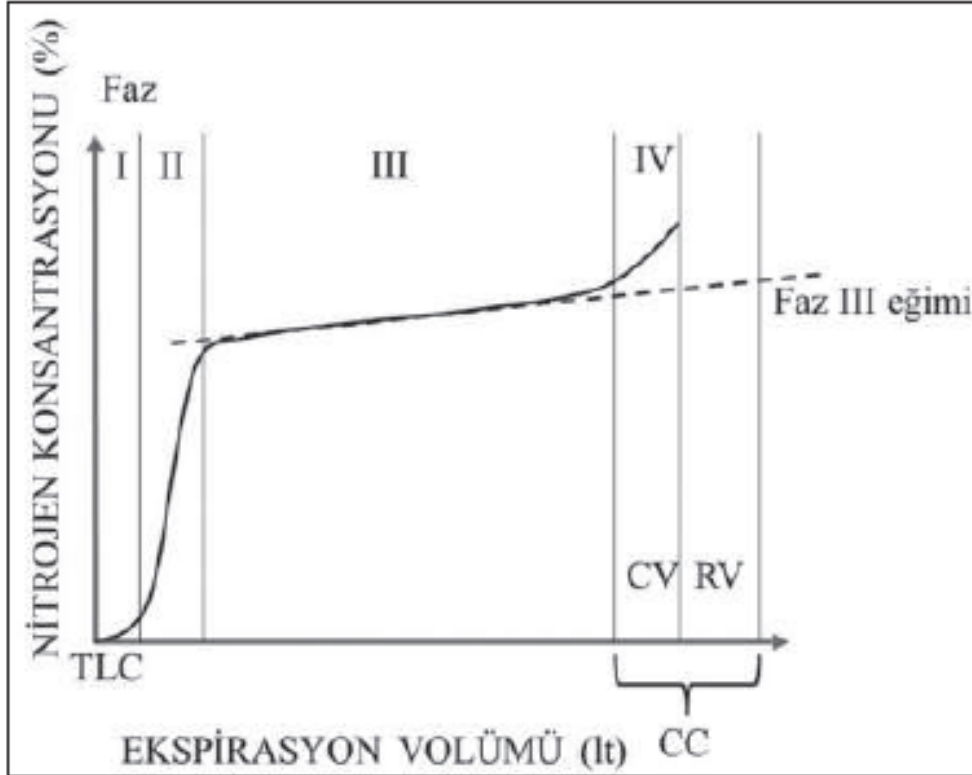
Adv. Respir. Med. **2024**, 92, 329–337.
<https://doi.org/10.3390/arm92050031>

- Retrospektif
- N=33 ; uzamış COVID 19 hastası
- Hastaların **%39’unda** SBN₂W ile küçük havayolu disfonksiyonu saptanmış, özellikle CC yüksek bulunmuştur.
- Hastaların %46’sında (n=15) akciğer hiperinflasyonu saptandı.
- Hiperinflasyon ile küçük havayolu kapanması arasında güçlü ilişki

Nitrojen Washout Yöntemi (Çok Soluklu)

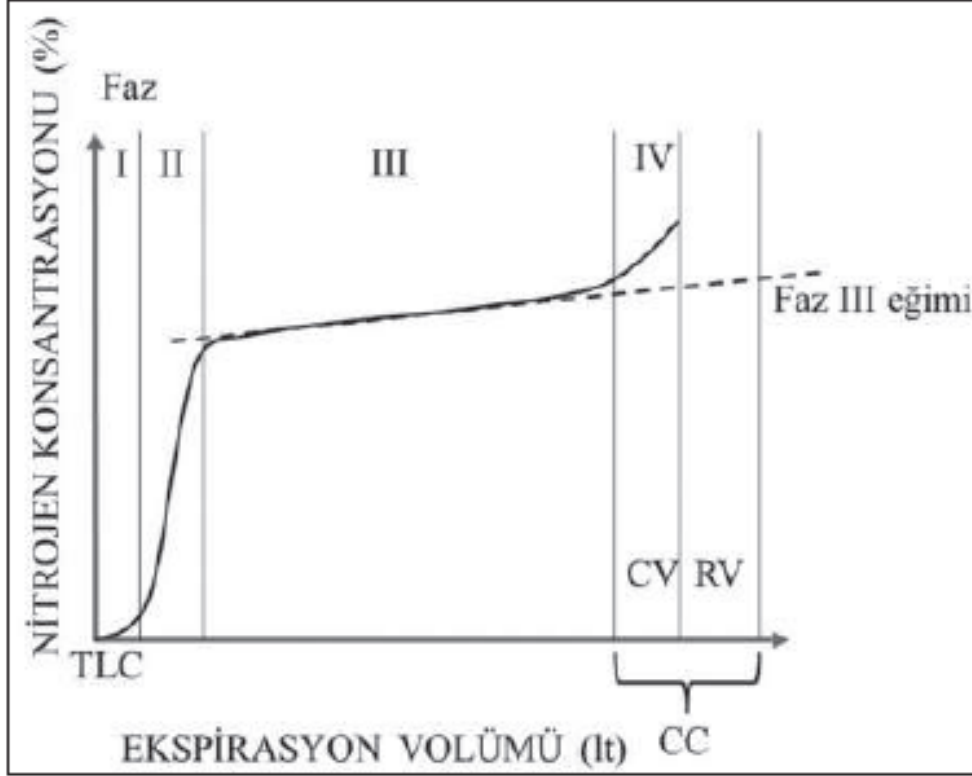


Nitrojen Washout Yöntemi (Çok Soluklu)



- **Lung Clearance Index (LCI)**, akciğerlerin gaz temizleme kapasitesini gösteren duyarlı bir parametredir; LCI arttıkça **obstrüksiyon şiddeti de artar**.
- LCI, spirometri normal olsa bile astım, kistik fibrozis ve erken KOAH gibi hastalıklarda **erken dönem bozulmaları saptamada** faydalıdır. .

Nitrojen Washout Yöntemi (Çok Soluklu)



- Aynı zamanda, spirometri normal olsa bile sigara öyküsü olan bireylerde **erken havayolu hasarını gösterebilir**, fakat ölçüm için özel ekipman gerektirir.

Improving asthma outcomes: Clinicians' perspectives on peripheral airways



Gregory G. King, MBChB, PhD, FRACP,^a Li Ping Chung, MBBS, PhD, FRACP,^b Omar S. Usmani, MBBS, PhD, FRCP,^c Kris Nilsen, PhD,^d and Bruce R. Thompson, PhD^e *Sydney, Perth, and Melbourne, Australia; and London, United Kingdom*

*Periferik hava yolu hastalığı astımın klinik seyrini belirleyen ana mekanizmadır.

*MBNW ile oscillometry, spirometriden çok daha duyarlı ölçümler sağlayarak tedavi ve risk değerlendirmesinde kritik rol oynar.

Helyum Dilüsyon Yöntemi

- Akciğer volümlerinin ölçümünde **en sık** kullanılan yöntemdir.
- İnert bir gaz olan **helyum**un bilinen miktarda inhalasyonu ve akciğerlerde dengeli şekilde dağılması esasına dayanır. (**%10 He içeren gaz karışımı**)
- Helyum konsantrasyonu sabit seviyeye ulaştığında ölçüm tamamlanır ve son konsantrasyondan akciğer hacmi hesaplanır.



European Respiratory Society/American Thoracic Society technical statement: standardisation of the measurement of lung volumes, 2023 update

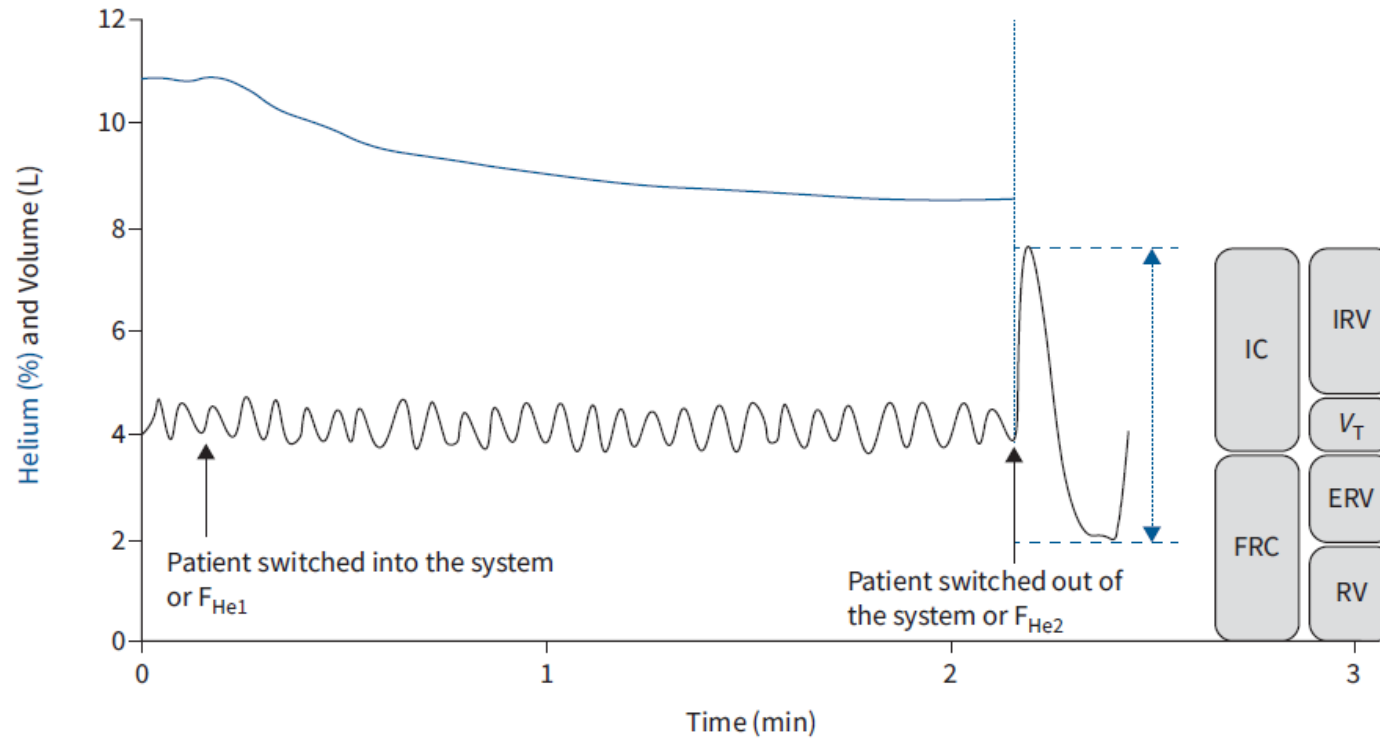
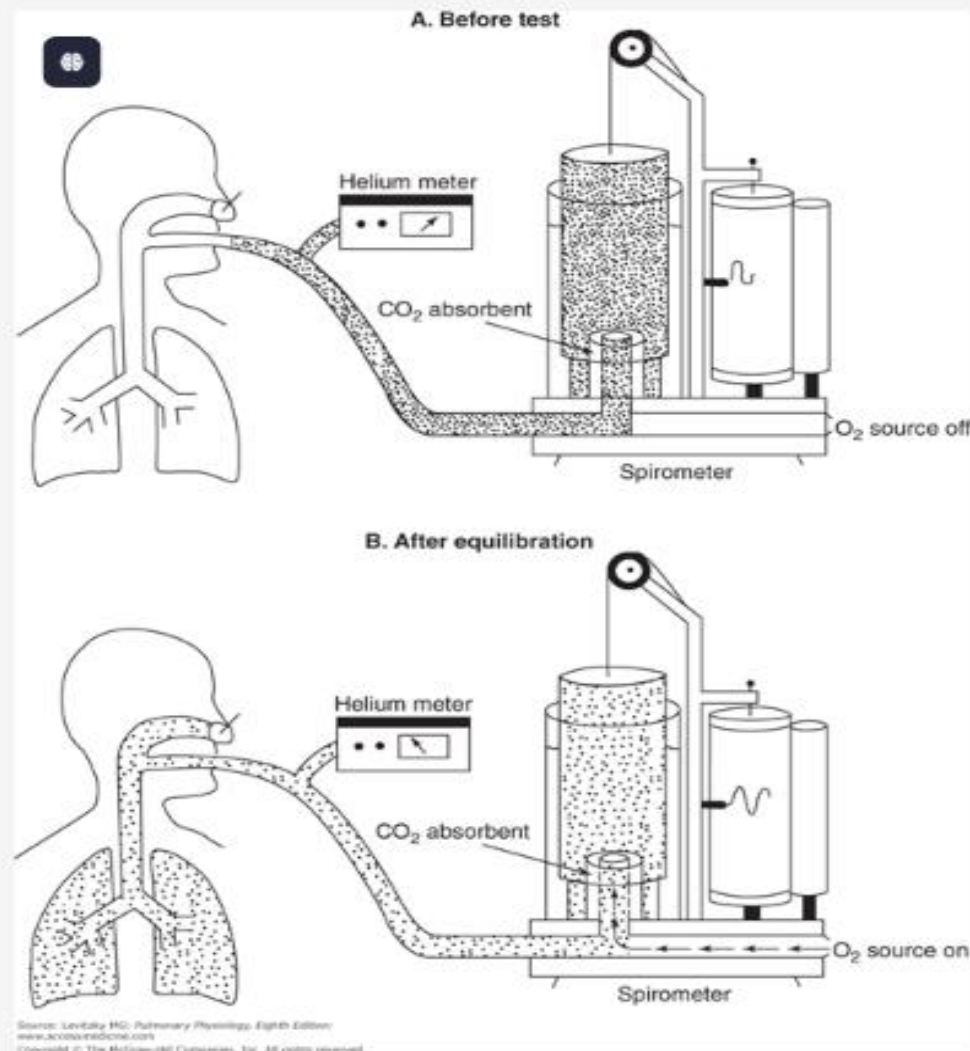


FIGURE 8 Display of an acceptable profile for a helium dilution test to determine functional residual capacity (FRC), in which oxygen (O_2) is continually added to compensate for O_2 consumption. Once equilibration is reached, a patient is switched from breathing helium to room air. F_{He1} : helium fraction at the time that the patient is connected to the apparatus (10.9% in this example); IC: inspiratory capacity; IRV: inspiratory reserve volume; V_T : tidal volume; RV: residual volume; ERV: expiratory reserve volume.

Helyum Dilüsyon Yöntemi

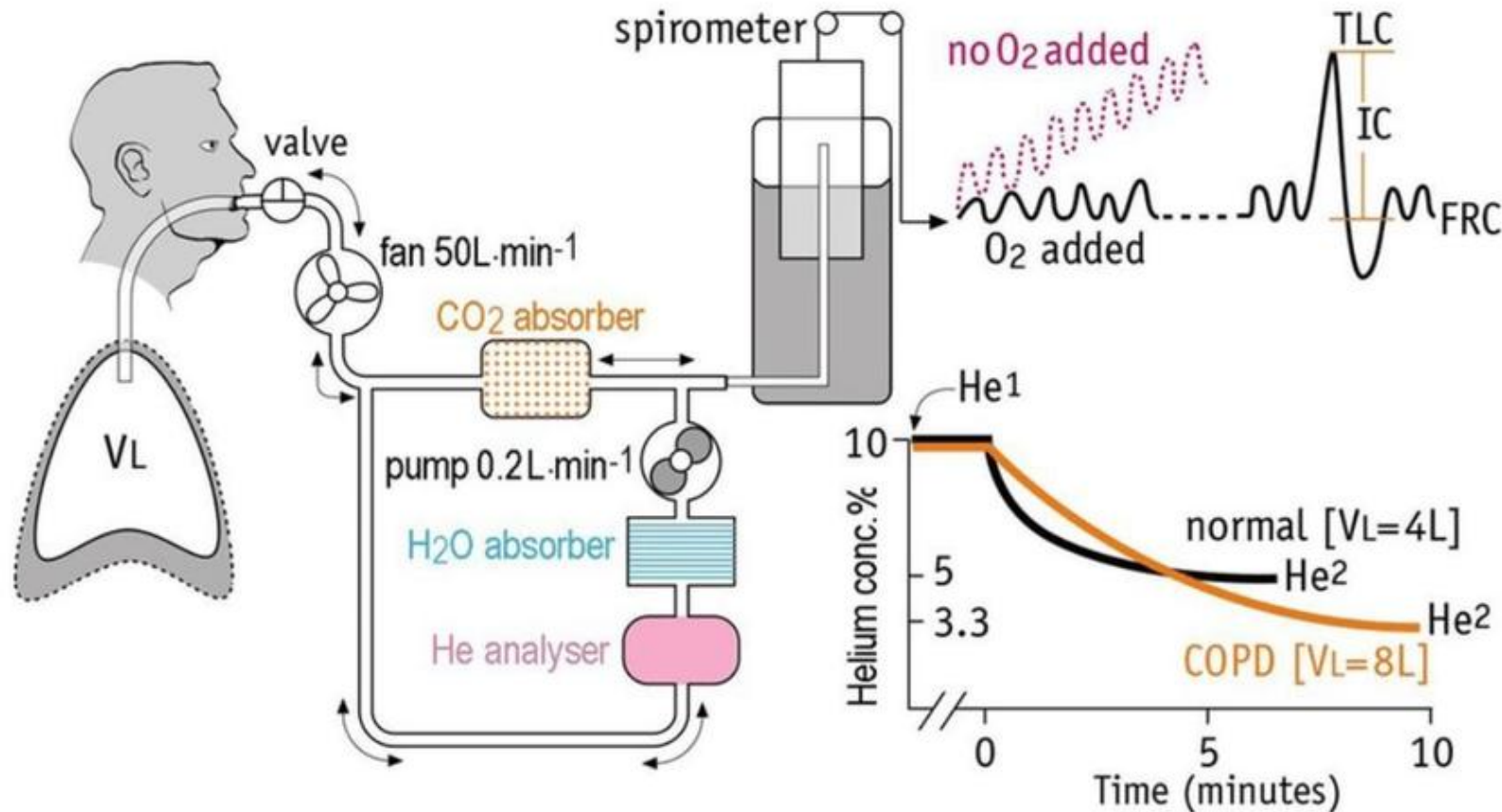


The helium-dilution technique for the determination of the functional residual capacity. **A:** Before the test, the spirometer is filled with a mixture of helium (denoted by the dots) and oxygen. The concentration of helium is determined by the helium meter. **B:** The subject breathes from the spirometer until the helium concentration in the lungs equilibrates with that in the spirometer. During the equilibration period, the subject's expired carbon dioxide is absorbed and oxygen is added to the spirometer at the subject's oxygen consumption rate. The helium concentration and spirometer volume are determined after equilibration, when the subject is at functional residual capacity.



Helyum Dilüsyon Yöntemi

European Respiratory Society/American Thoracic Society
technical statement: standardisation of the measurement
of lung volumes, 2023 update



Measurement of the Total Lung Volume Using an Adjusted Single-Breath Helium Dilution Method in Patients With Obstructive Lung Disease

ORIGINAL RESEARCH

published: 08 September 2021
doi: 10.3389/fmed.2021.737360

Qing Liu[†], Lingxiao Zhou[†], Peiling Feng, Jinkai Liu, Bin Shen, Lili Huang, Yingying Wang, Yimin Zou, Yang Xia^{} and Gang Huang^{*}*

- SBHD ile ölçülen TLC ortalaması: **4.83 ± 0.94 L**
- WBP (Whole-body Plethysmography) ile ölçülen TLC ortalaması: **6.30 ± 1.27 L**
- SBHD yöntemi özellikle obstrüksiyon şiddeti arttıkça daha fazla düşük ölçüm yapıyor.

***SBHD yöntemi (Single-Breath Helium Dilution) total akciğer kapasitesini (TLC) olduğundan düşük ölçüyor.**

Vücut Pletismografisi (VP)

- FRC-sRaw
- Bu yöntem, özellikle obstrüktif akciğer hastalıklarında **altın standart** kabul edilir.
- Toraks içinde yer alan toplam gaz miktarını nicel olarak belirler ve **Total Akciğer Kapasitesi (TLC)**'ni hesaplar.
- Hava yolları ile bağlantılı olan ve olmayan tüm gaz volümünü kapsar.
- Tekrarlaması kolay, daha doğru ve daha kısa sürede sonuç verir.

VP-Test Metodu

- Hasta pletismografa oturur, kapı kapatılır
- Normal soluk alıp verirken 30 saniye beklenir (ısı sabitlenmesi için)
- 4-5 kez normal soluk alıp verir.
- Normal ekspirasyonun sonunda shutter kapatılır.
- Panting manevrası başlatılır (2/sn).
- Ağız basıncı (Pm) ve akciğer volüm değişmesi (ΔVL) arasındaki eğri gözlenir
4-5 kabul edilebilir eğri alınmalıdır!
- Shutter açılır. Normal solunuma geçilerek yavaş vital kapasite (SVC) manevrası yaptırılarak test sonlandırılır.



Whole-body plethysmography: updated recommendations and procedure

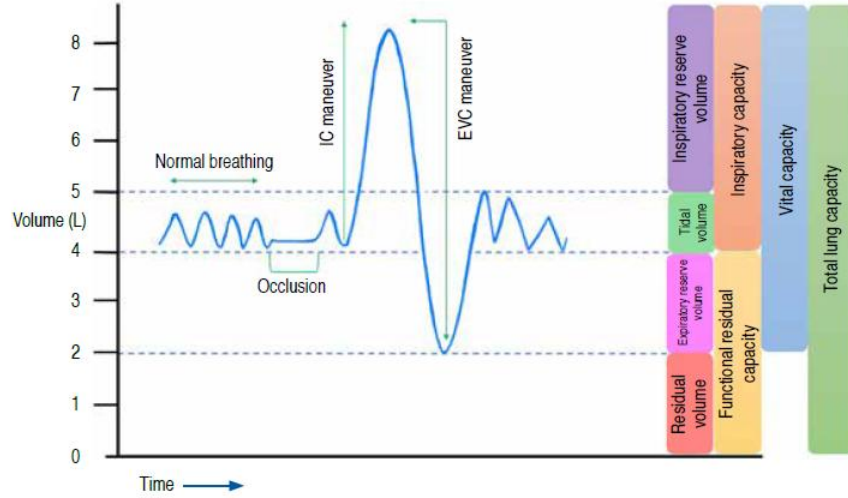


Figure 2: Body plethysmography (BP) maneuver for lung volumes. Volume-time graph showing the sequence of quiet breathing until a stable level of FRC (functional residual capacity) is reached at the end of expiration, then the shutter is closed (for a short period, approximately 2 to 3 s) to measure the intrathoracic gas volume. The shutter is then opened and the patient performs an IC (inspiratory capacity) maneuver followed by an EVC (slow expiratory vital capacity) maneuver. As a variation it is also allowed for the subject to take one breath after the shutter and then IC followed by an EVC maneuver. In this maneuver all lung volumes are calculated, the patient must remain connected to the mouthpiece with a tight lip seal throughout the measurement and specifically while the shutter is closed.

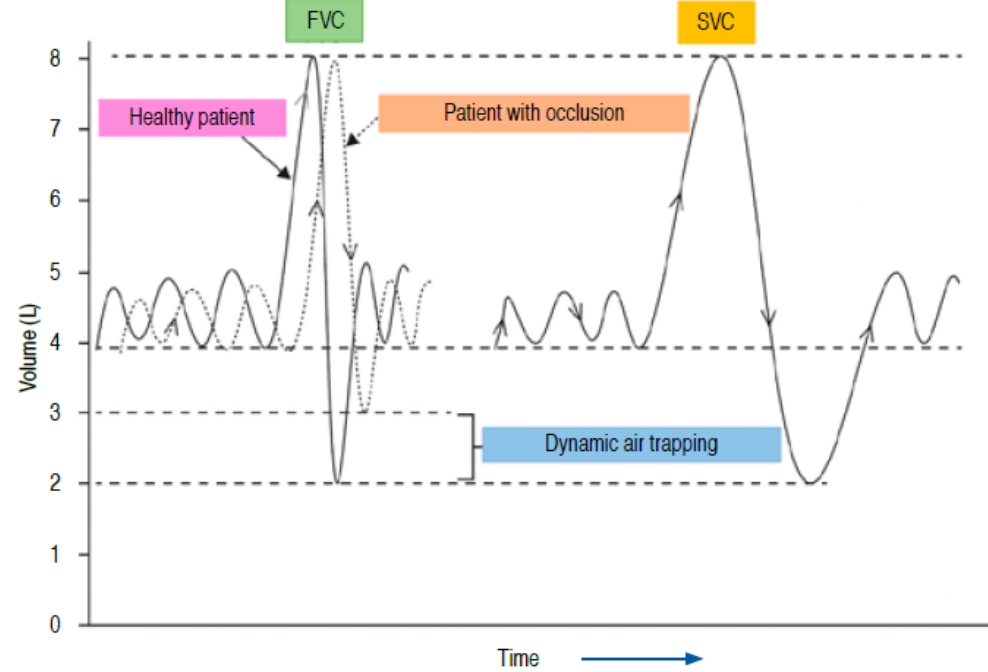


Figure 3:

Vital capacity (VC) maneuver in a healthy subject and in a subject with obstruction. In a healthy subject, the expiratory vital capacity maneuver performed in a forced (FVC) or slow (SVC) manner is expected to give the same result. However, in a subject with an obstructive ventilatory defect, there is a potential for dynamic air trapping and overestimation of residual volume with a forced maneuver.

Obstrüktif akciğer hastalıklarında (örneğin KOAH), FVC testi RV'yi olduğundan fazla hesaplayabilir.

Bu yüzden ölçümlerde yavaş manevralar (SVC) tercih edilmelidir veya test sonucu dikkatle yorumlanmalıdır.



Whole-body plethysmography: updated recommendations and procedure

Vücut Pletismografi Endikasyonları

Pulmoner restriksiyonun doğrulanması ve nice olarak değerlendirilmesi

Pulmoner hiperinflasyon ve hava hapsinin doğrulanması ve nicel olarak değerlendirilmesi (özellikle FEV₁ ile açıklanamayan düzeyde dispne yaşayan hastalarda)

Volüm azaltıcı cerrahi öncesinde preoperatif değerlendime için

Klinik veya araştırma amaçlı hastalıkların izlenmesi ve gözetimi

Spirometri ile aşağıdaki fonksiyonel problemlerden herhangi birine sahip hastalar:

Restriksiyonu düşündüren, PRISm, muhtemel karışık

Dispne ya da egzersiz intoleransı

Vücut Pletismografi Öncesinde Yapılması Gerekenler

2 saat öncesinde sigara, elektronik sigara kullanılmamalı

Sıkı, dar kıyafetler giyilmemeli

Bronkodilatörler ve inhale kortikosteroidler ölçümleri etkileyebilir, bu nedenle bu ilaçların kesilip kesilmeyeceği kararını istemi yapan hekim vermelidir.

Teknisyen, hastanın bu ilaçları **en son ne zaman aldığına dair bilgiyi mutlaka rapor etmelidir.**

Test için açlık gerekmez, ancak dört saat öncesinde hafif bir öğün alınması önerilir.

Test günü ağır egzersizden kaçınılmalıdır.



Whole-body plethysmography: updated
recommendations and procedure

Vücut Pletismografi Rölatif Kontrendikasyonları

Son 4 hafta içinde geçirilmiş MI

Kalp yetmezliği, Kardiyovasküler İstabilite

İstirahatte taşikardi (Nb>130/dk)

Son 4 hafta içinde geçirilmiş toraks/batın cerrahisi; son 8 hafta içinde geçirilmiş göz ya da kulak cerrahisi

Aktif akciğer tüberkülozu

Son 2 hafta içinde akut solunum yolu enfeksiyonu

Hemoptizi

Anevrizma (büyük arter, serebral)

Gebeliğin üçüncü trimesteri veya komplike gebelik

Genel durum bozukluğu

Trakeostomi

Göğüs tüpü varlığı

Sürekli oksijen ihtiyacı olması

Kabin içine girmeyi engelleyen tıbbi ve/veya psikolojik durumlar, paralizi, intravenöz tedavi alma, klostrofobi vs)

Beyond the Spirometry: New Diagnostic Modalities in Chronic Obstructive Pulmonary Disease

Jin Hwa Song, M.D., Ph.D.¹ and Youlim Kim, M.D., Ph.D.²

¹Division of Pulmonary, Allergy, and Critical Care Medicine, Department of Internal Medicine, Veterans Health Service Medical Center, Seoul, ²Division of Pulmonary and Allergy, Department of Internal Medicine, Konkuk University Hospital, Konkuk University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea

<https://doi.org/10.4046/trd.2024.0040>

ISSN: 1738-3536(Print)/

2005-6184(Online)

Tuberc Respir Dis 2025;88:1-13



Copyright © 2025 The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases

- WBP ile ölçülen RV/TLC, **hem erken hava akımı kısıtlanmasını hem de ilerleyici amfizematöz değişiklikleri** oldukça iyi yansıtır.
- FEV1 normal veya korunmuş olsa bile WBP:
artmış RV,
artmış RV/TLC,
azalmış IC
gibi bulgularla **erken küçük hava yolu tutulumunu** gösterebilir.

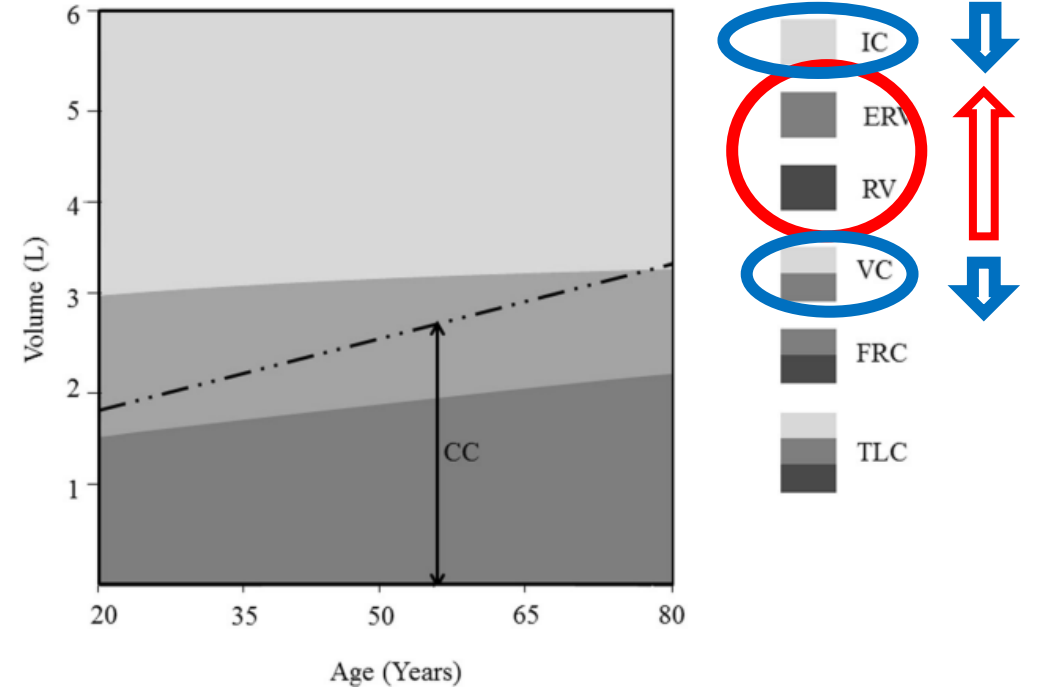
REVIEW

Open Access



The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements

Vücut pletismografisi, hava hapsi ve hiperinflasyon gibi durumlarda FRC ve RV'yi daha doğru ölçerek, KOAH gibi hastalıkların tanısında ve izleminde üstündür.



	Avantajlar	Dezavantajlar
Vücut Pletismografi *Tüm sıkıştırılabilir gazların hacmini ölçer.	* <u>Daha kısa test süresi</u> * <u>Tüm torasik gazlar ölçer</u> * <u>Ölçümleri tekrarlamak için yalnızca kısa bir süre gerekir</u>	*Teknik olarak uygulaması zor *Klostrofobi potansiyeli * <u>Şiddetli tıkanıklıklarda FRC'yi abartabilir</u> *Daha yüksek ekipman maliyeti ve alan gereksinimleri *Kabin, hastanın ağırlığına veya boyutuna uygun olmayabilir
Multiple breath washout (MBW) *Ventile olan akciğer alanlarındaki gaz hacmini ölçer.	*FRC ölçümü için sessiz nefes alma tekniği	* <u>Biraz daha büyük tidal hacimler gerektirir</u> *Daha uzun test süresi *Ölçümleri tekrarlamak için daha uzun zaman gerektirir * <u>Obstrüktif akciğer hastalığında FRC'yi düşük tahmin edebilir</u> * <u>Yüksek düzeyde solunan oksijene duyarlı ventilasyonlu hastalar için potansiyel risk</u>
Helyum Dilusyon *Ventile olan akciğer alanlarındaki gaz hacmini ölçer.	*FRC ölçümü için sessiz nefes alma tekniği	*Daha uzun test süresi *CO2 absorbanı, kurutucu ve O2 ek girişi gerektirir. *Ölçümleri tekrarlamak daha uzun zaman gerekir. * <u>Obstrüktif akciğer hastalığında FRC'yi daha düşük gösterebilir.</u>



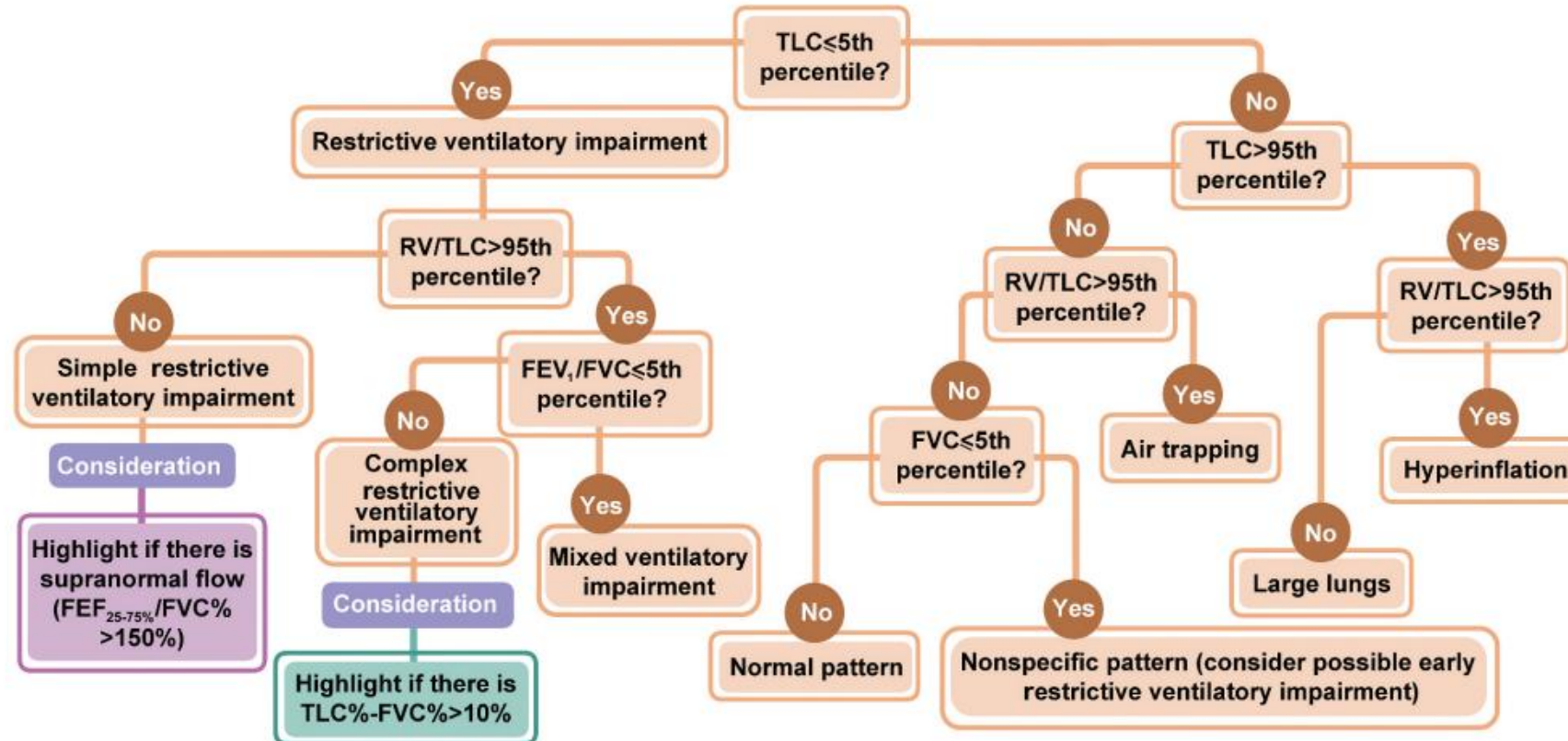
EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL
ERS OFFICIAL DOCUMENTS
N.R. BHAKTA ET AL.

Prediction of severe exacerbations and mortality in COPD: the role of exacerbation history and inspiratory capacity/total lung capacity ratio

Retrospektif, 98 stabil KOAH hastası

- **(IC/TLC) %25'in altında olan KOAH hastalarında, tedavi sürecinin dikkatle izlenmesi gerekliliği, sık hastane yatışları ve tüm nedenlere bağlı ve solunumsal mortalite riskinin artışı ile ilişki saptanmıştır.**
- **Pletismografi, havayolu obstrüksiyonunun olduğu durumlarda en doğru sonucu verir.**

Pulmonary function tests: an integrated approach to interpreting results in the search for treatable traits



Lopes, Agnaldo José. "Pulmonary function tests: an integrated approach to interpreting results in the search for treatable traits." *Expert Review of Respiratory Medicine* 19.2 (2025): 121-143.

TEŞEKKÜR EDERİM.

KAYNAKLAR

- 1.Bhakta, Nirav R., et al. "European Respiratory Society/American Thoracic Society technical statement: standardisation of the measurement of lung volumes, 2023 update." *European Respiratory Journal* 62.4 (2023).
- 2.Alvarado-Amador, Irlanda, et al. "Whole-body plethysmography: updated recommendations and procedure." *Neumol Cir Torax* 83.2 (2024): 153-165.
- 3.Lopes, Agnaldo José. "Pulmonary function tests: an integrated approach to interpreting results in the search for treatable traits." *Expert Review of Respiratory Medicine* 19.2 (2025): 121-143.
- 4.Cardoso, João, et al. "Prediction of severe exacerbations and mortality in COPD: the role of exacerbation history and inspiratory capacity/total lung capacity ratio." *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* (2018): 1105-1113.
- 5..Lutfi, Mohamed Faisal. "The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements." *Multidisciplinary respiratory medicine* 12.1 (2017): 3.
- 6.Panagopoulos, Panagiotis K., et al. "Small airways dysfunction in patients with systemic sclerosis and interstitial lung disease." *Frontiers in Medicine* 9 (2022): 1016898.
7. Vontetsianos, Angelos, et al. "Small Airways Dysfunction and Lung Hyperinflation in Long COVID-19 Patients as Potential Mechanisms of Persistent Dyspnoea." *Advances in Respiratory Medicine* 92.5 (2024): 329-337.
- 8.King, Gregory G., et al. "Improving asthma outcomes: Clinicians' perspectives on peripheral airways." *Journal of Allergy and Clinical Immunology: Global* 3.2 (2024): 100228.
9. Liu, Qing, et al. "Measurement of the total lung volume using an adjusted single-breath helium dilution method in patients with obstructive lung disease." *Frontiers in Medicine* 8 (2021): 737360.
10. Song, Jin Hwa, and Youlim Kim. "Beyond the spirometry: new diagnostic modalities in chronic obstructive pulmonary disease." *Tuberculosis and Respiratory Diseases* 88.1 (2024): 1.