

Karbonmonoksit Difüzyon Testi (DLCO)

Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi

Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Dr. Olcay Ayçiçek

DLCO (Karbonmonoksit Difüzyon Testi)



TASK FORCE REPORT
ERS/ATS TECHNICAL STANDARDS



CrossMark

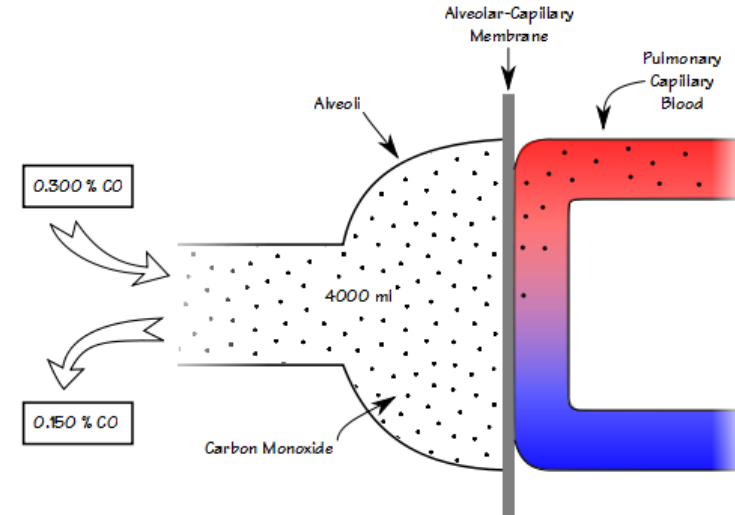
2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung

Brian L. Graham¹, Vito Brusasco², Felip Burgos³, Brendan G. Cooper⁴,
Robert Jensen⁵, Adrian Kendrick⁶, Neil R. MacIntyre⁷,
Bruce R. Thompson⁸ and Jack Wanger⁹

Türk Toraks Derneği Akciğer Difüzyon Kapasitesi Değerlendirme Uzlaşı Raporu

Turkish Thoracic Society Consensus Report:
Interpretation of Pulmonary Diffusion Capacity

2022



<https://www.pftforum.com>

DLCO (Karbonmonoksit Difüzyon Testi)

- Karbonmonoksitin alveolokapiller membrandan geçişi
- Akciğerlerin gaz değişim yeteneğini gösteren parametre
- 0°C, 760 mmHg ve nemin 0 olduğu koşullarda (STPD) **mL/dk/mmHg** olarak belirtilir



DLCO (Karbonmonoksit Difüzyon Testi)

Difüzyon

Bir maddenin yüksek konsantrasyonlu olduğu bölgeden düşük konsantrasyonlu olduğu bölgeye geçmesi

Akciğerlerde gazların difüzyonu **pasif** olarak
(Brownian hareket) gerçekleşir

Fick Yasası

$$V_{gas} = \frac{A}{T} \times D \times (P_1 - P_2)$$

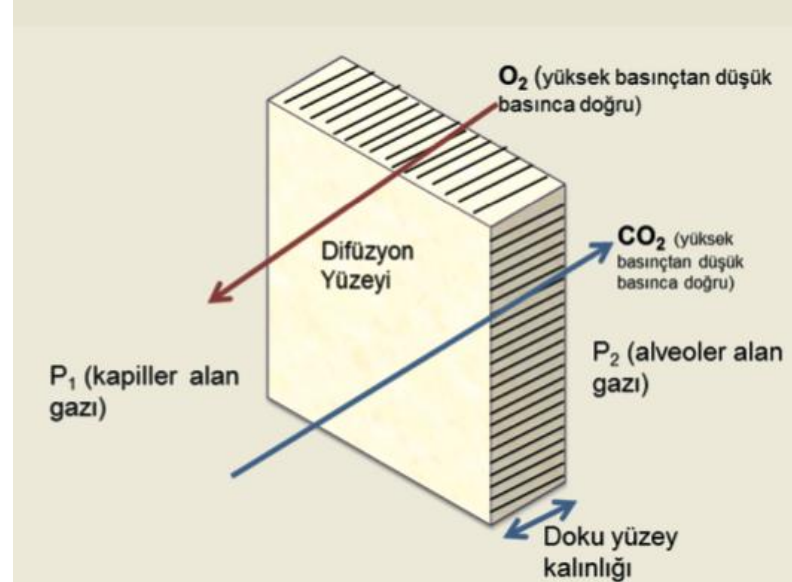
V_{gas}: Dakika başına dokular arası difüze olan gaz hacmi (ml/dk)

A: Kan gaz bariyerinin yüzey alanı

D: Difüzyon sabiti

P₁: Alveoldeki gazın parsiyel basıncı

P₂: Kapillerdeki gazın parsiyel basıncı



$$D \propto \frac{Sol}{\sqrt{MW}}$$

Sol: Gazın çözünürlüğü

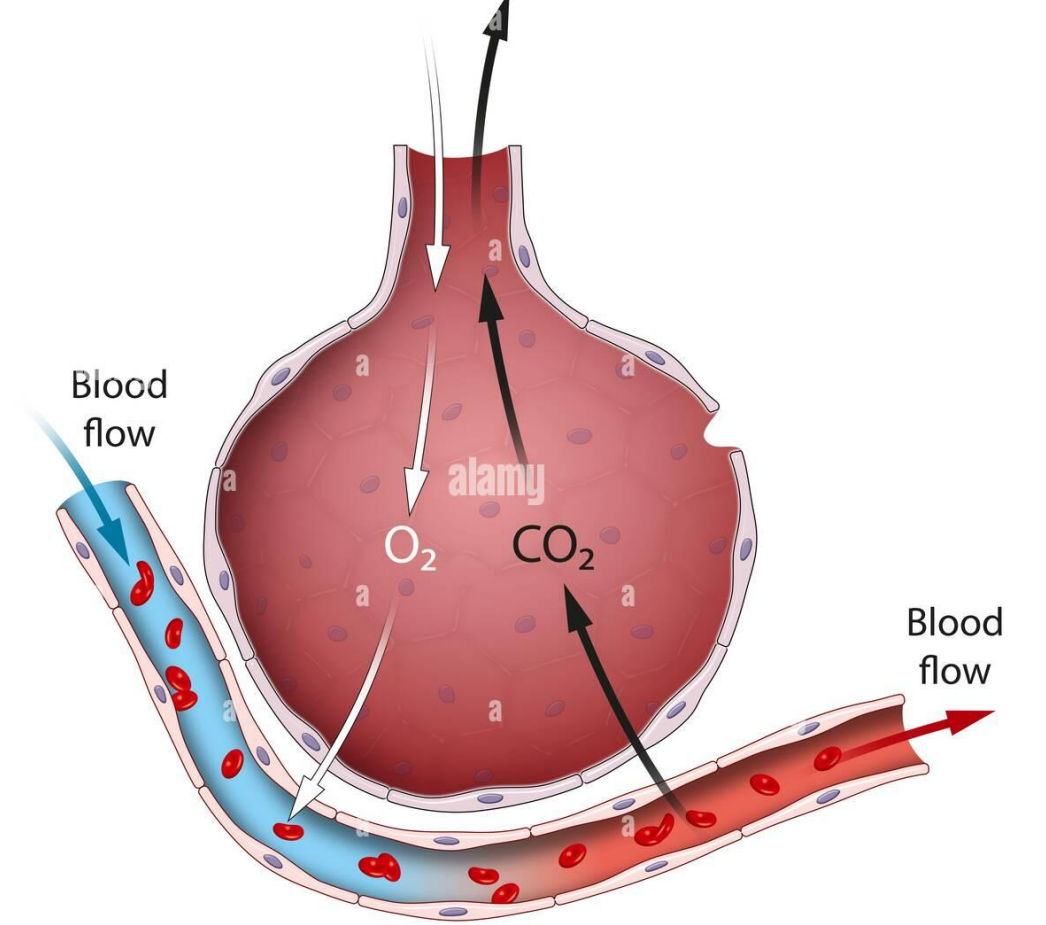
MW: Gazın molekül ağırlığı

Alveolakapiller Membran

- S urfaktan
- Alveol epiteli
- İnterstisyum
- Kapiller endotelyumu

Akciğerdeki kan-gaz bariyeri (KGB)

- Y zey alanı 50-100m2
- Kalınlığı yaklaşık 0.3 mdır



<https://www.alamy.com>

$$V_{gas} = \frac{A}{T} \times D \times (P_1 - P_2)$$

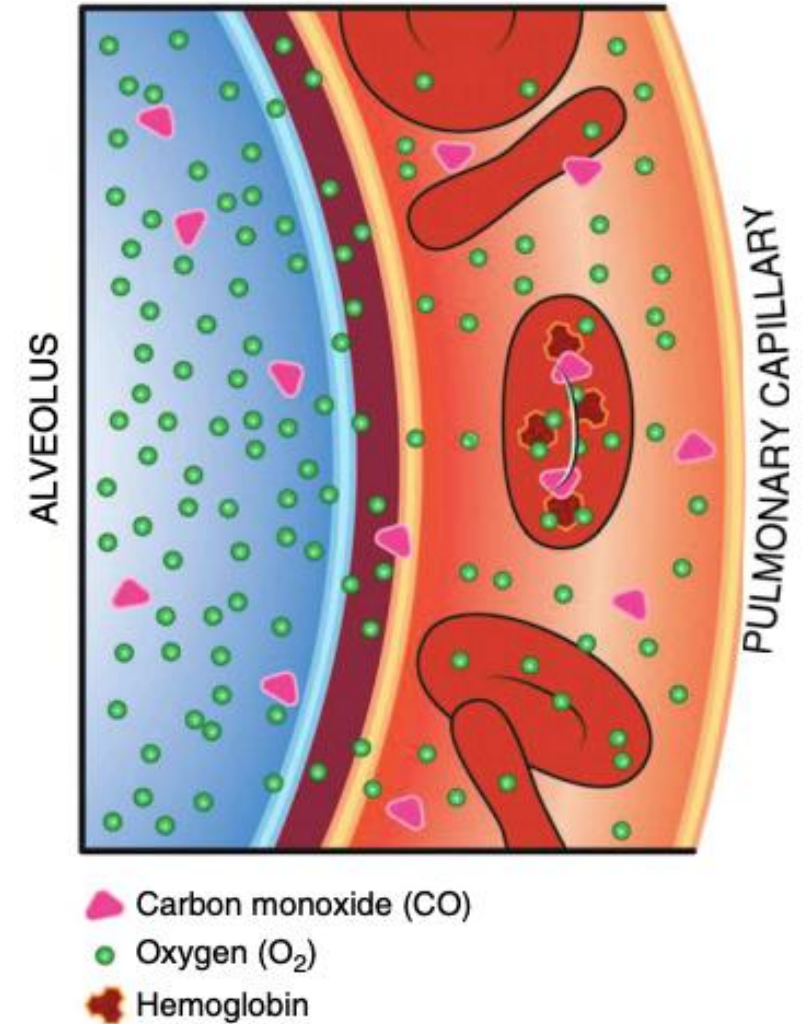
DLCO (Karbonmonoksit Difüzyon Testi)

$$\frac{1}{DL_{CO}} = \frac{1}{D_m} + \frac{1}{\theta \times V_c}$$

DM: Zar iletkenliği

θ : CO + Hb reaksiyon hızı

Vc: Kapiller kan hacmi



DLCO Ölçüm Teknikleri

- Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi
- Intrabreath DLCO Ölçümü
- Rebreathing Tekniği (DLCO_{rb})
- Steady State Tekniği (DLCO_{ss})

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

Tek seferde CO içeren gaz karışımının solunmasını takiben belirli bir süre soluk tutma sonrasında akciğerlerden atılan karbonmonoksitin analiziyle DLCO'nun belirlenmesi esasına dayanır



- Test gazı kaynağı
- İnspirasyon-ekspirasyon hacmini ölçen birim
- Gaz analizörü

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

- **Karbonmonoksit (CO):** %0.3
- **Oksijen (O₂):** %21
- **İzleyici Gaz**
 - Helyum (He): %10
 - Metan (CH₄): %0.3
- **Nitrojen (N)**

İzleyici (Tracer) Gaz

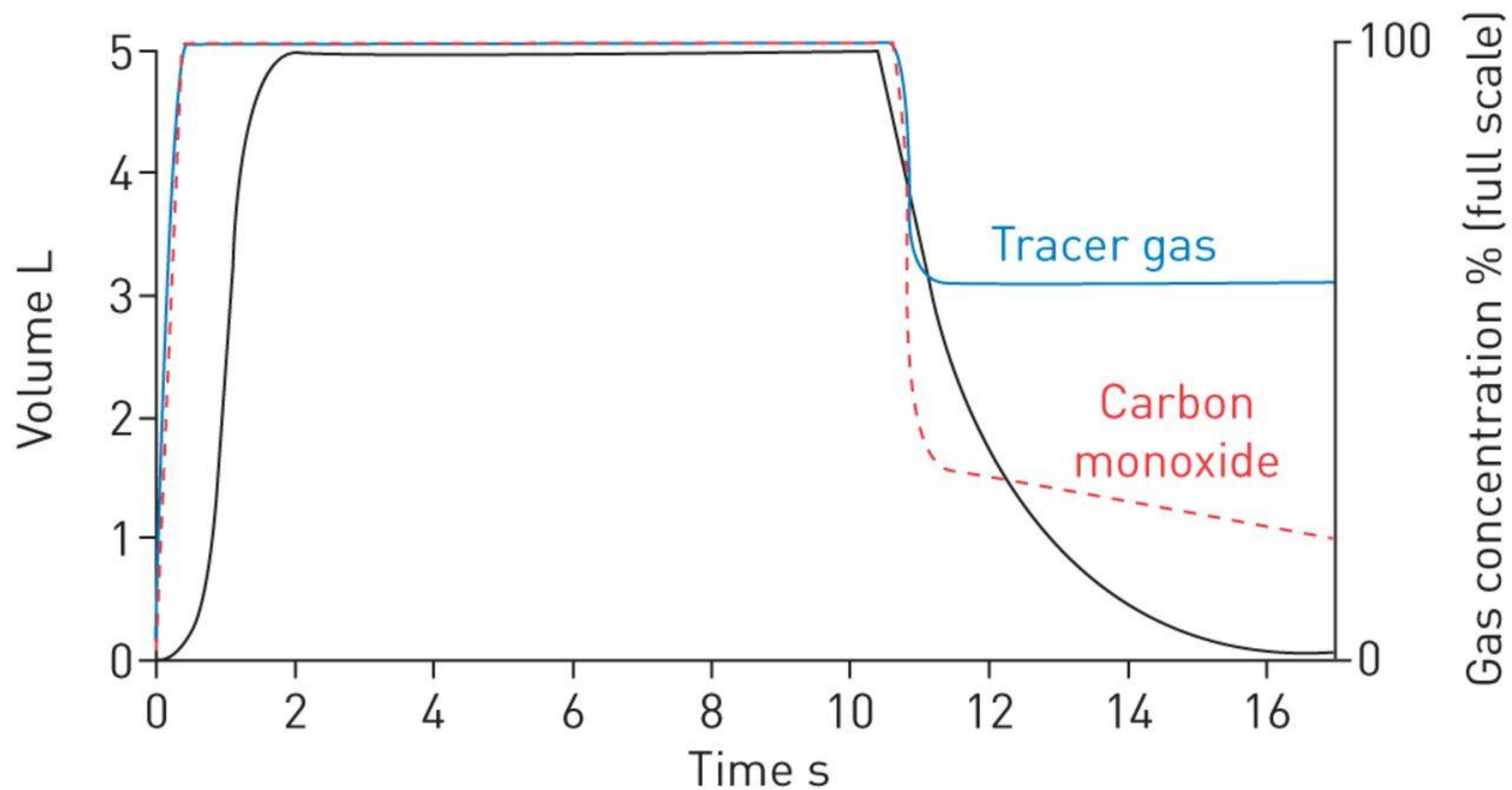
- Alveolar volümün (VA) hesaplanmasında kullanılır
- Difüzyon özellikleri CO'ye benzer
- Kimyasal ve biyolojik olarak solübl değildir
- Normal şartlarda alveollerde bulunmaz

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

TESTE HAZIRLIK

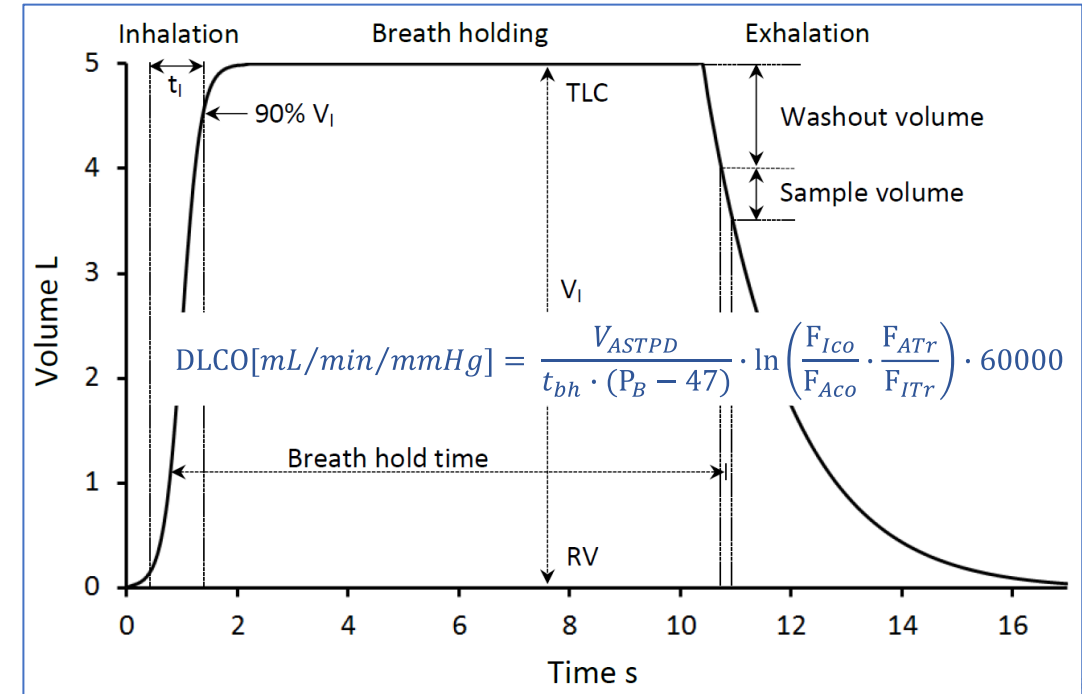
- Hasta test hakkında bilgilendirilmelidir
- Nazal oksijen en az **10 dakika** önce kesilmeli
- Test oturur pozisyonda, istirahat halinde ve uygun oda ısısı koşullarında yapılmalı
- Hasta testten önce **5 dakika** dinlendirilmeli
- Test günü **sigara** içilmemeli
- Son içilen sigara saati kaydedilmeli
- Test günü **alkol** alınmamalı
- Hastanın **hemoglobin (Hb)** değeri kaydedilmeli ve gerekirse düzeltme yapılmalı

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi



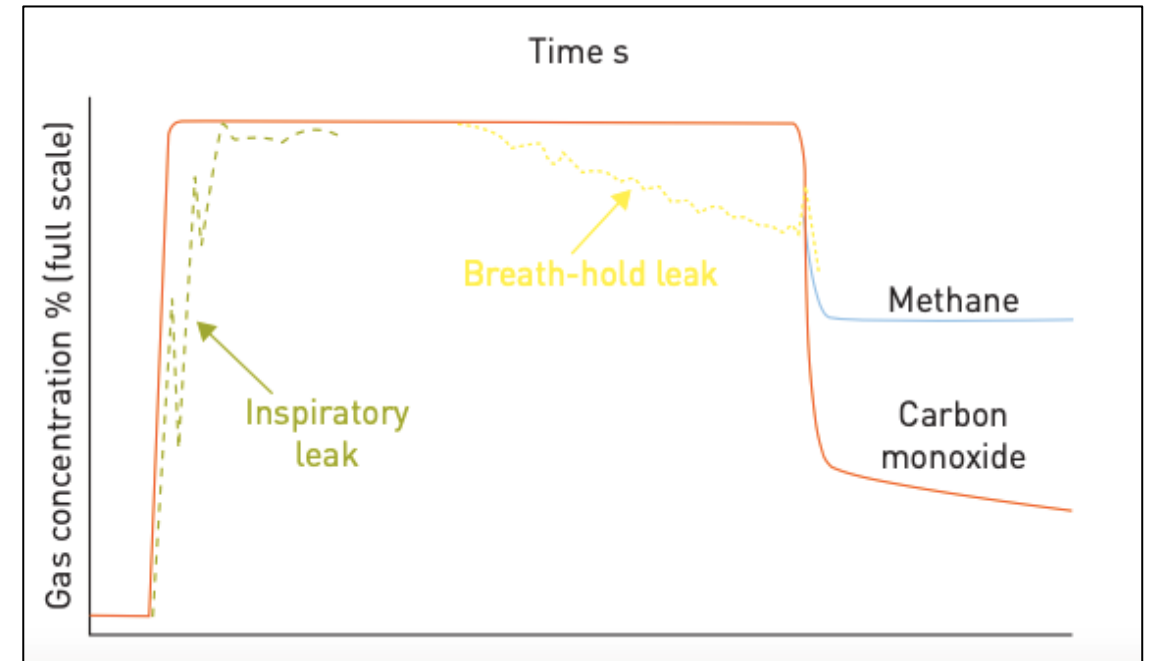
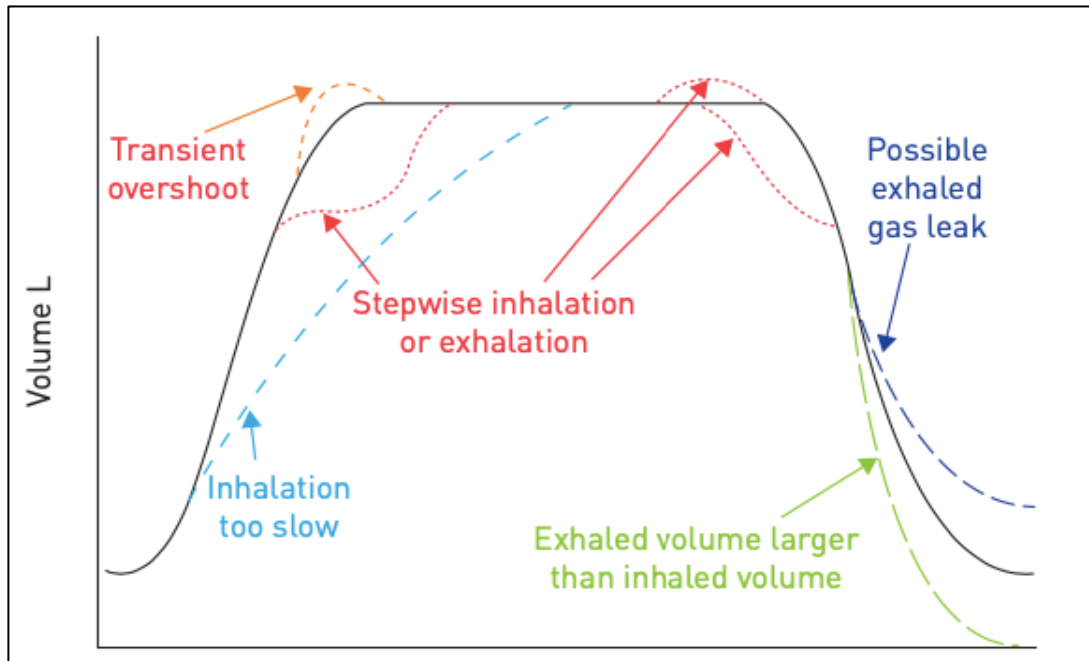
Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

- Rezidüel volüme (RV) kadar yavaş ekshalasyon ≤ 6 sn
Obstrüktif hastalıklarda ekshalasyonsüresi < 12 sn
- İnspire edilen gaz volümü (VI) vital kapasitesinin $\geq \% 90$ 'ı
VC'nin $\% 85$ 'i ve kabul edilebilir DLCO manevraları içinde
VA farkı < 200 mL veya $\% 5$ 'ten az fark
- İnhalasyonda VC 'nin $\% 85$ 'i < 4 sn tamamlanmalı
- Soluk tutma 10 ± 2 sn
- Ekshalasyon süresi < 4 sn olmalıdır



Ölü Boşluk Volümü: 0.75-1 L
Örneklem Volümü: 0.5-1 L

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi



Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

Manevralar Arası Süre

En az iki kabul edilebilir test yapılmalı ve ortalaması alınmalı

Testler arasındaki fark **<2 mL/dk/mmHg'dan** (Tekrar edilebilirlik kriteri)

En fazla **beş** test yapılmalı

İki test arasında en az **4 dk** süre olmalı

Havayolu obstrüksiyonu olan hastalarda bekleme süresi **10 dakikaya** çıkarılabilir

Bekleme süresince hasta oturmalı

Birkaç kez derin soluk alıp verme test gazının daha hızlı atılımını sağlayabilir

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

1. Tekrarlanamayan iki veya daha fazla A dereceli manevra elde edilirse, ortalama DLCO değeri raporlanır
2. Yalnızca bir A dereceli manevra elde edilirse, o manevradan elde edilen DLCO değeri raporlanır
3. Kabul edilebilir manevra elde edilmezse, B, C veya D dereceli manevraların ortalama DLCO değeri raporlanır
4. Yalnızca F dereceli manevralar elde edilirse, DLCO değeri raporlanmaz

Fizyolojik Etkiler

- Yaş, cinsiyet, boy, etnik köken

- Hemogloblin Düzeyi

1 gram Hb değeri için ~%7'lik CO emilim değişimi
Erkeklerde 14.6 g/dL, kadında ve <15 yaş çocukta 13.4 g/dL

- Akciğer Hacmi

- COHb

%1'lik COHb artışı ~% 0.8-1'lik DLCO değişimi

- Soluk Havasındaki PAO_2 (Rakım)
Her 1 mmHg'lık değişim DLCO'da %0.35'lik değişim

- Egzersiz

- Vücut Pozisyonu

- Diurnal Varyasyon

Saatte %1.2-2.2 arasında azalma

- İn hale Edilen Hava Hacmi

Artmış DLCO Nedenleri

- Astım
- Polisitemi
- Obezite
- Alveoler Hemoraji
- Sol-Sağ İntrakardiyak Şant
- Egzersiz-Artmış Kardiyak Output
- Muller Manevrası

Azalmış DLCO Nedenleri

Alveolokapiller Membranın Kalınlaşması

İdiyopatik Pulmoner Fibrozis
Konjestif Kalp Yetmezliği
Asbestozis, Sarkoidoz
Kollajen Doku Hastalıkları
İlaç Akciğeri
Hipersensitivite Pnömonisi
Histiositozis X, Alveolar Proteinozis

Difüzyon Yüzey Alanının Azalması

Amfizem
Akciğer Rezeksiyonu
Pulmoner Emboli
Pulmoner Hipertansiyon

Diğer Sebepler

Karboksihemoglobin
Dışarıdan Oksijen Verilmesi
Mensrüasyon

DLCO Raporu

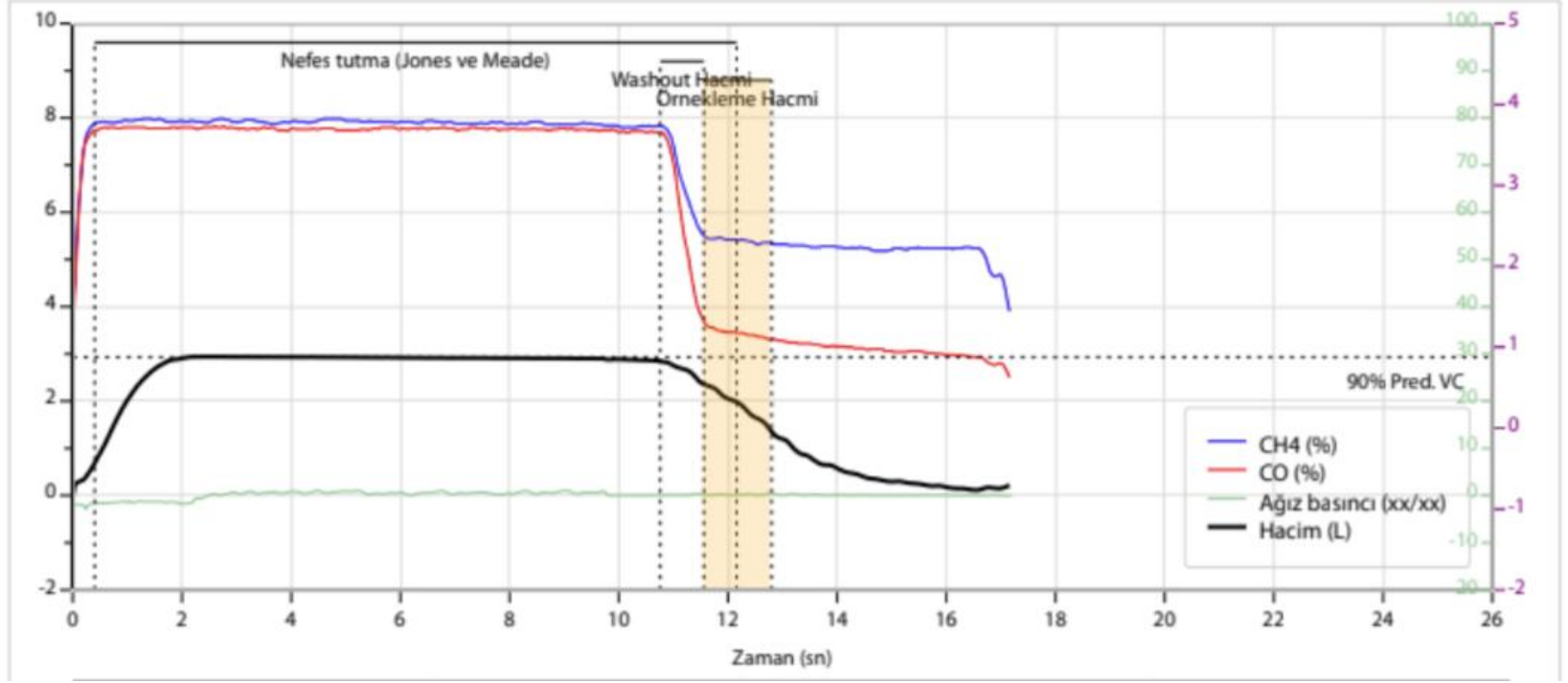
Variable [#]	Requirement
D_{LCO} (unadjusted)	Required
D_{LCO} (adjusted for P_B)	Required
D_{LCO} (LLN and/or z-score)	Required
D_{LCO} (predicted)	Required
D_{LCO} (adjusted,predicted)	Optional (required if any adjustments made-specify adjustments)
D_{LCO} (% of predicted)	Required
V_A (BTPS)	Required
V_A (LLN and/or z-score)	Required
V_A (% of predicted)	Optional
K_{CO}	Required
K_{CO} (LLN and/or z-score)	Required
K_{CO} (predicted)	Required
K_{CO} (% of predicted)	Required
P_B	Required
t_{BH}	Required
V (BTPS)	Required
Fowler (anatomic) dead-space	Required for RGA systems
TLC_{sb}	Required for RGA systems
Reference values source	Required
Test quality grade	Recommended (include % variability in D_{LCO} acceptable manoeuvres)
Operator comments	Required (number of manoeuvres, number of acceptable manoeuvres)
Graphs	Required (full manoeuvre and exhaled gas concentration <i>versus</i> volume with sample collection indicated for RGA systems)
Hb	Optional (required if used to adjust D_{LCO})
COHb	Optional (required if used to adjust D_{LCO})
Alternative calculations (e.g. three-equation D_{LCO} , normalised slope of phase III)	Optional

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

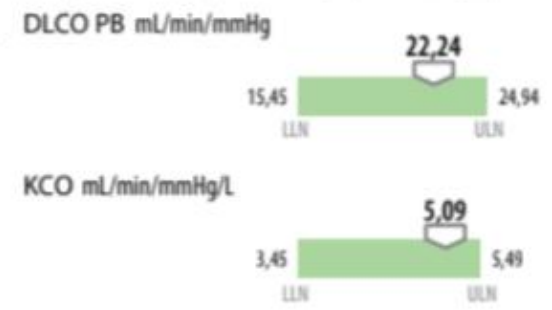
Karbon Monoksit Difüzyon Kaybının Derecelendirilmesi	
DLCO Kaybının Derecesi	DLCO % Beklenen
Hafif	> %60 ve < LLN
Orta	% 40-60
Ağır	< %40

DLCO Raporu

DİFÜZYON AKCİĞER KAPASİTESİ (TEK NEFES)	Akım ölçer	Cihaz	Seri Numarası	Aygıt Yazılımı Sürümü
		X9 Quark PFT Body with dongle	2022091256	4.6
Test Süresi	Tahmini ayarlar	GLI (DLCO)	Test Konumu	OTURMA
11:41				

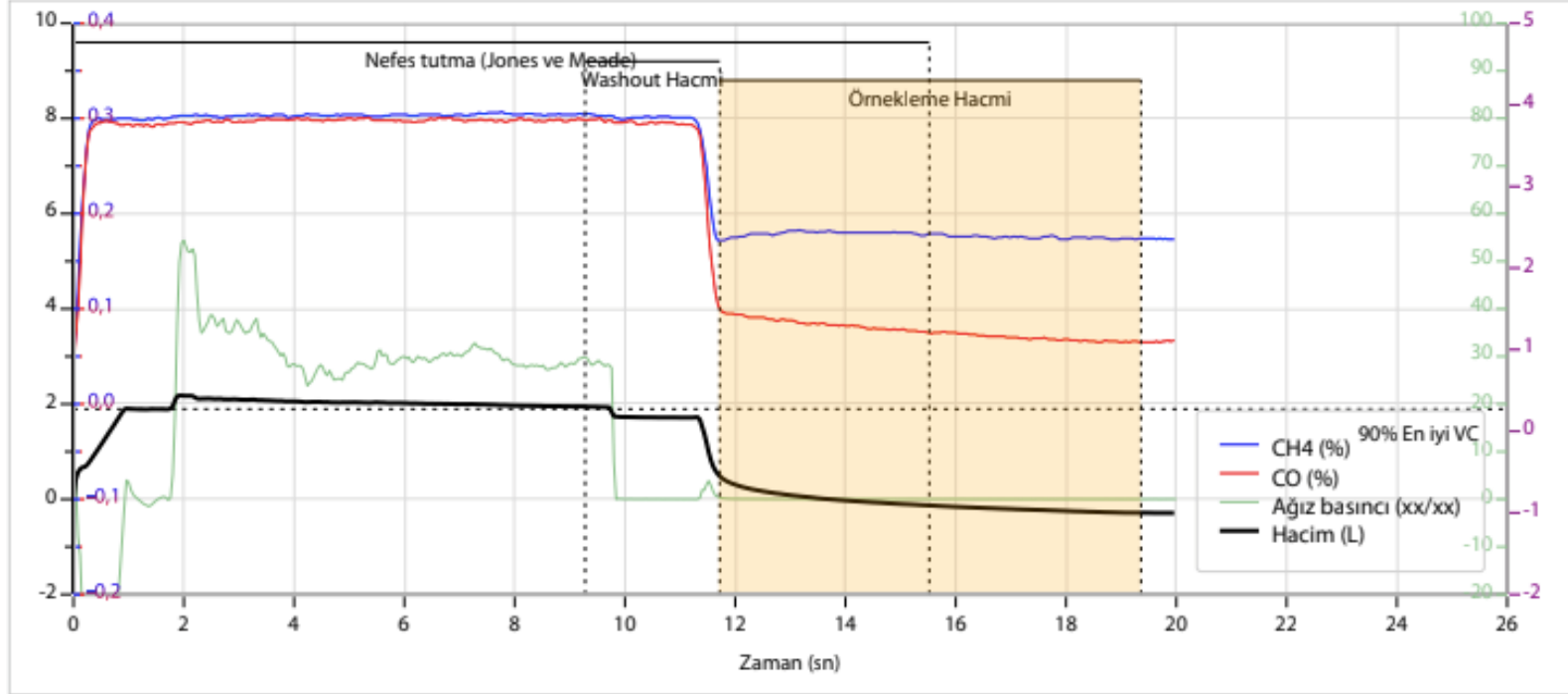


	Ölçüm	Normal Aralık	Bekl.	%Beklenen	z score	
DLCO ayarlanmamış	mL/min/mmHg	---	-	-	-	
DLCO PB	mL/min/mmHg	22,24	15,45 - 24,94	19,76	113	0,82
DLCO dzlt	mL/min/mmHg	22,90	15,45 - 24,94	19,76	116	1,03
VA	L	4,50	3,71 - 5,42	4,53	99	-0,05
DLCO pred,ayr.	mL/min/mmHg	22,24	---	19,20	116	-
KCO	mL/min/mmHg/L	5,09	3,45 - 5,49	4,41	115	1,06
IV(DLCO)	L	2,90	2,79 - 3,52	3,52	82	-1,39
TLC(DLCO)	L	4,63	4,00 - 4,89	4,89	95	-0,45
Hb	g/dL	12,5	---	-	-	-

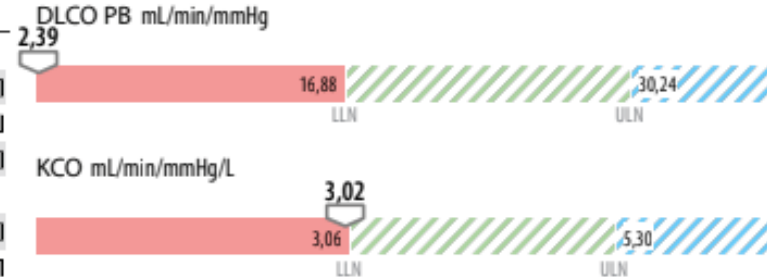


DLCO Raporu

DİFÜZYON AKCİĞER KAPASİTESİ (TEK NEFES)	Akım ölçer	Cihaz	Sen Numarası	Aygıt Yazılımı Sürümü
	X9	Quark PFT Body with dongle	2022091256	4.6
Test Süresi	Tahmini ayarlar	Test Konumu		
10:27	GLI (DLCO)	OTURMA		



	Ölçüm	Bekl.	%Beklenen	z score
DLCO ayarlanmamış	mL/min/mmHg	2,42	-	-
DLCO PB	mL/min/mmHg	2,39	22,97	10
DLCO dzlt	mL/min/mmHg	2,30	22,97	10
VA	L	0,76	5,59	14
DLCO pred,ayr.	mL/min/mmHg	2,39	23,95	10
KCO	mL/min/mmHg/L	3,02	4,13	73
IV(DLCO)	L	0,85	3,99	21
TLC(DLCO)	L	0,96	6,26	15
RV(DLCO)	L	0,00	2,24	0



DLCO Raporu

DİFÜZYON AKCİĞER KAPASİTESİ (TEK NEFES)

Test Süresi
13:29

Akım ölçer

X9

Cihaz

Quark PFT Body with dongle

Seri Numarası

2022091256

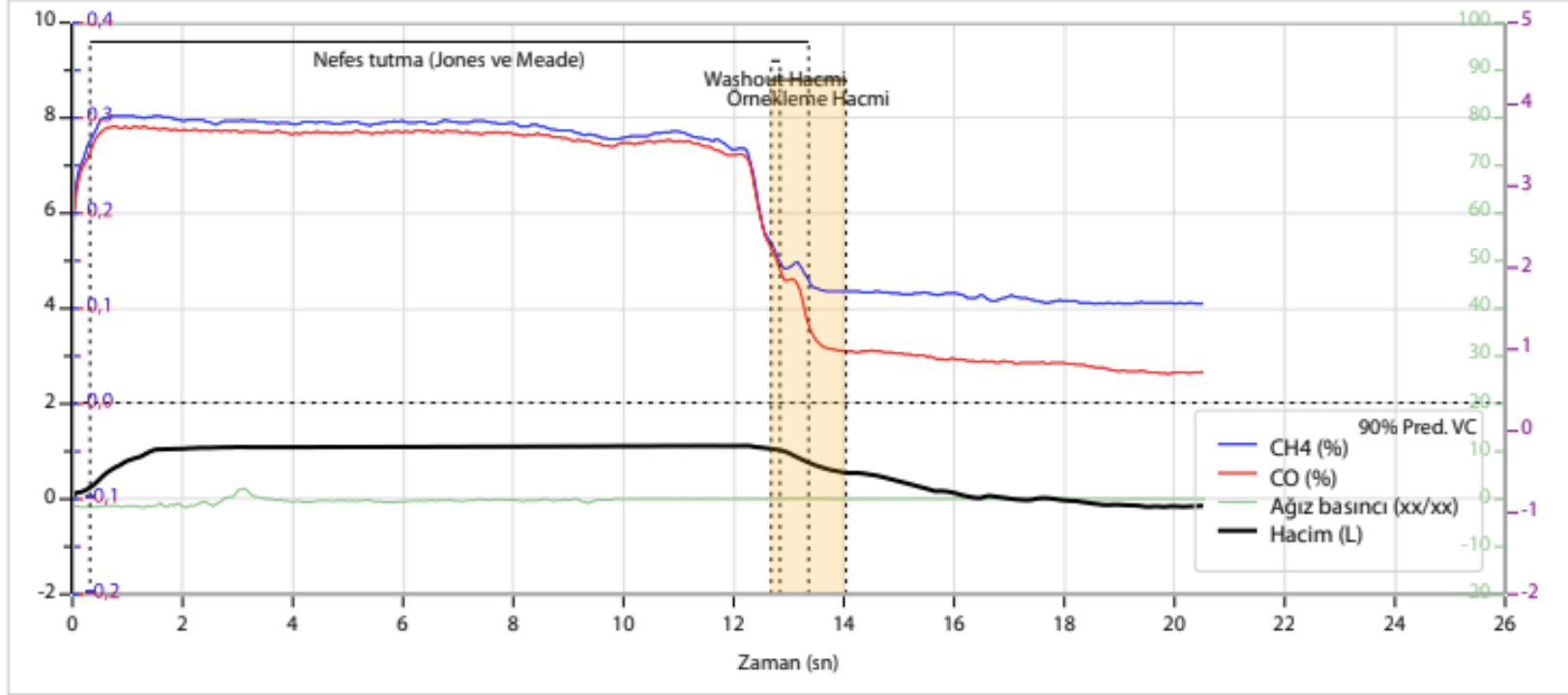
Aygit Yazılımı Sürümü

4.6

Tahmini ayarlar

GLI (DLCO)

OTURMA



		Ölçüm	Bekl.	%Beklenen	z score
DLCO ayarlanmamış	mL/min/mmHg	1,85	-	-	-
DLCO PB	mL/min/mmHg	1,85	16,27	11	-9,92
DLCO dzlt	mL/min/mmHg	1,85	16,27	11	-9,92
VA	L	1,30	3,74	35	-6,23
DLCO pred,ayr.	mL/min/mmHg	1,85	16,27	11	-
KCO	mL/min/mmHg/L	1,42	4,36	33	-5,54
IV(DLCO)	L	0,94	2,37	40	-4,39
TLC(DLCO)	L	1,46	4,07	36	-5,92

DLCO PB mL/min/mmHg

1,85



KCO mL/min/mmHg/L

1,42



KCO

$$VA \times kCO = VCO$$

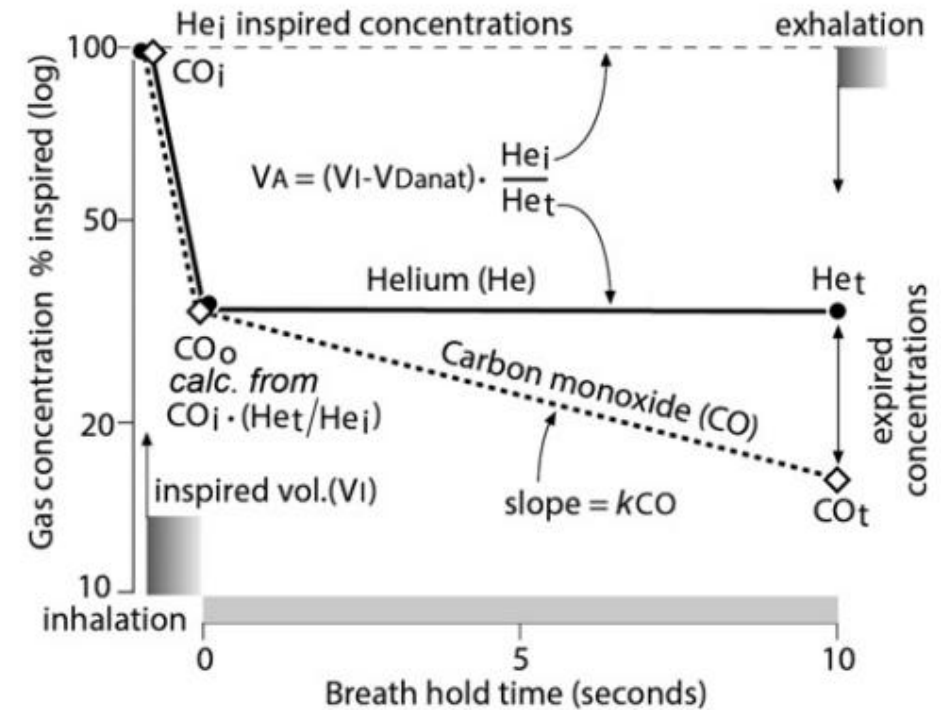
ml (STD) X min⁻¹ = ml min⁻¹

- Hız sabiti kCO (Alveolar gazdan CO'nun alınma oranı)
- Alveolar hacim (VA)

$$VA \times kCO / P_b = DLCO$$

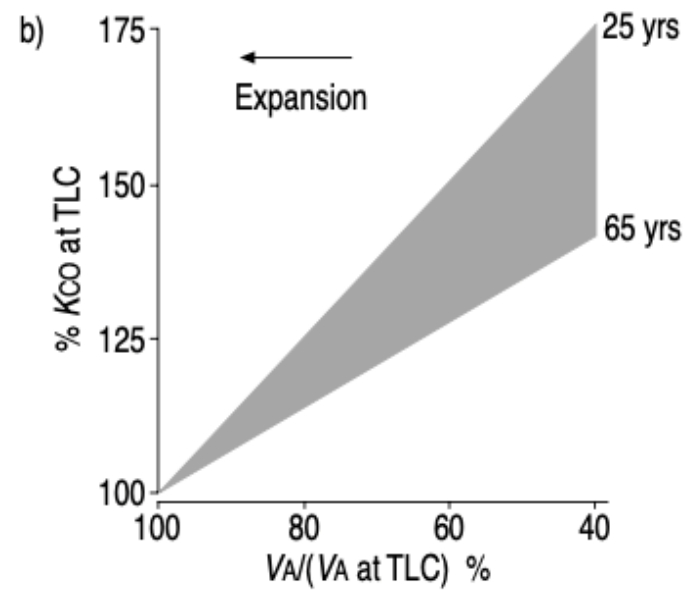
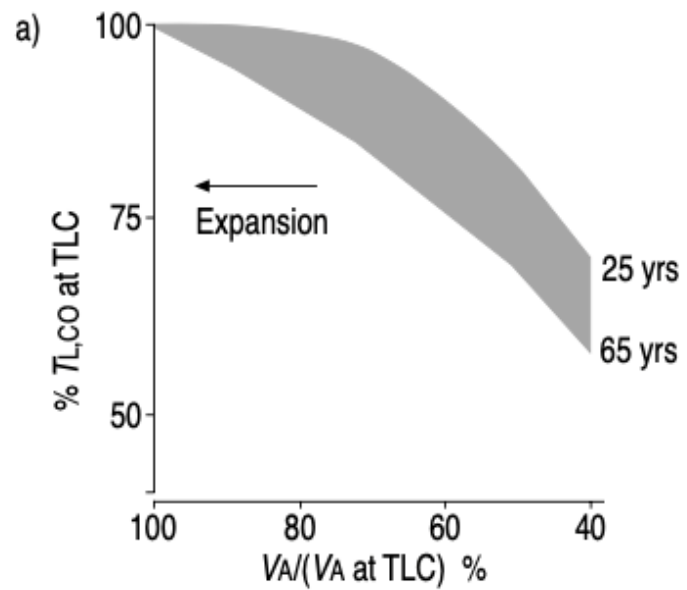
ml (STPD) X min⁻¹ mm Hg⁻¹ = ml min⁻¹ mm Hg⁻¹

$$DLCO / VA = KCO$$

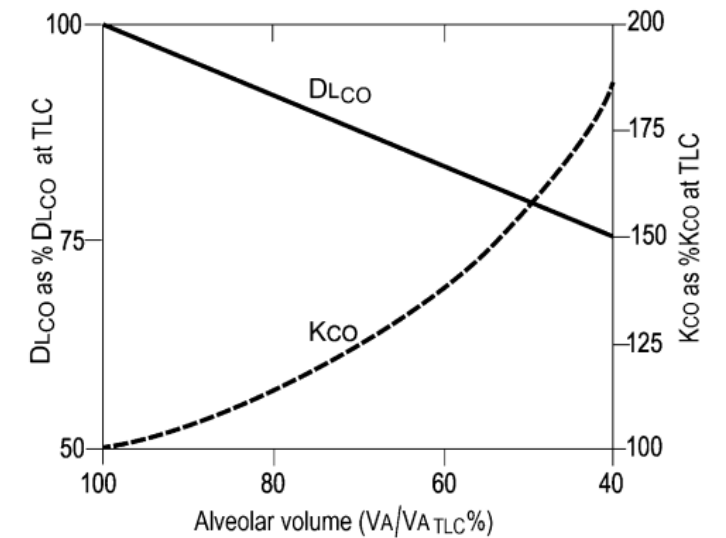


KCO: Birim alveolar hacim başına karbon monoksit difüzyon kapasitesi

KCO



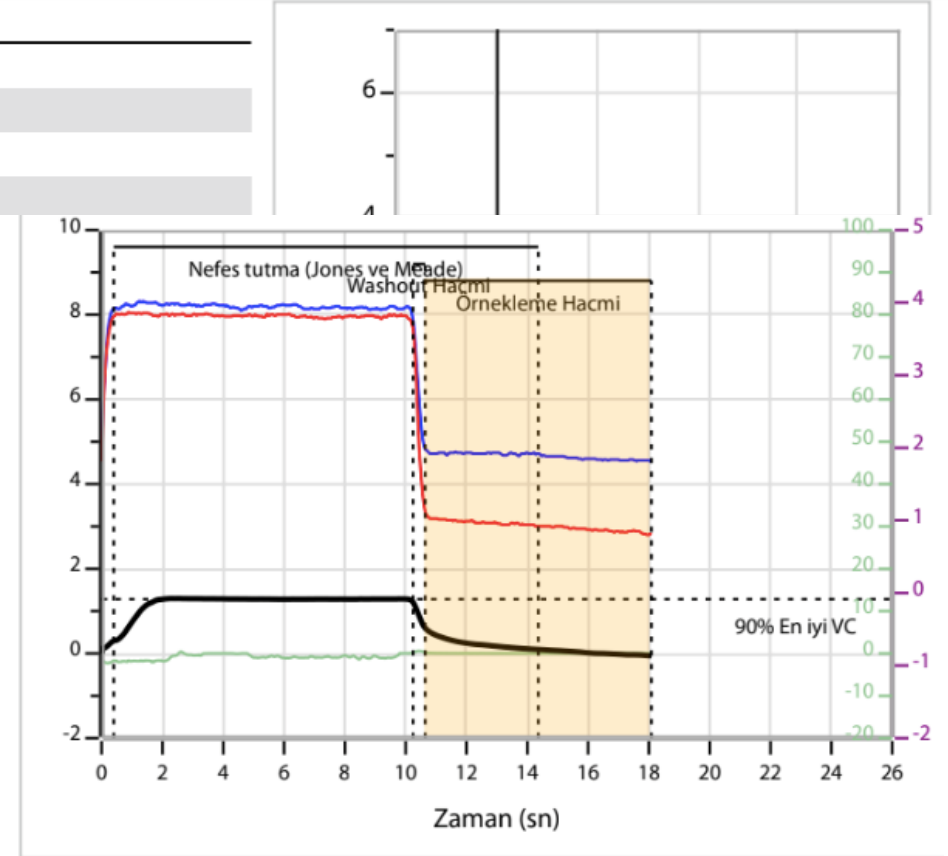
$$DLCO/VA = KCO$$



DLCO Raporu

		Ölçüm	Normal Aralık	Bekl.	%Beklenen	z score
FVC	L	1,42	2,18 - 3,54	2,84	50	
FEV1	L	1,07	1,73 - 2,79	2,27	47	
FEV1/FVC%	%	75,5	68,4 - 90,2	80,2	94	
FEV1/VCmax%	%	75,5	68,4 - 90,2	80,2	94	

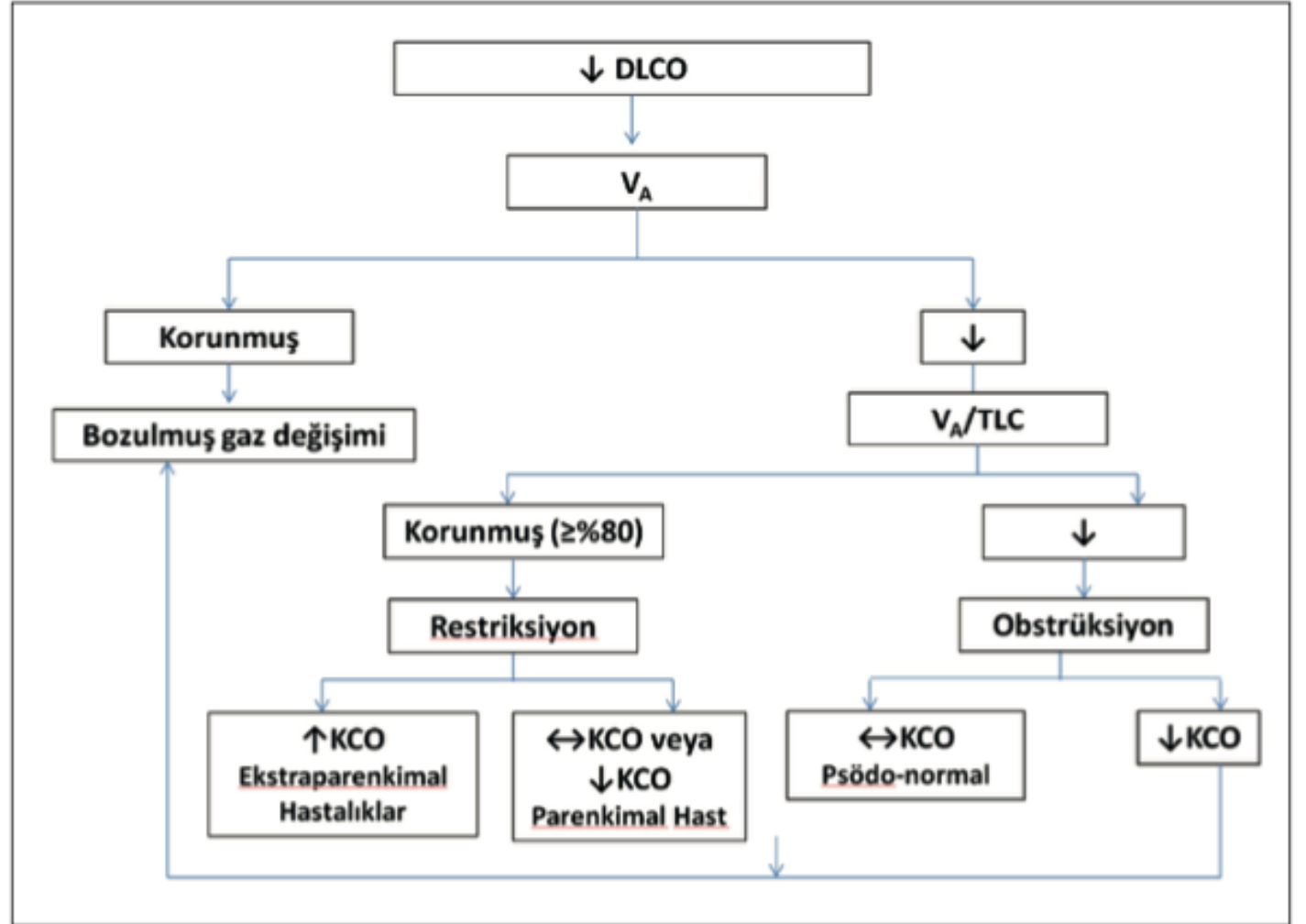
		Ölçüm	Normal Aralık	Bekl.	%Beklenen	z
DLCO ayarlanmamış	mL/min/mmHg	8,66	---	-	-	
DLCO PB	mL/min/mmHg	8,58	13,99 - 23,17	18,15	47	
DLCO dzlt	mL/min/mmHg	8,45	13,99 - 23,17	18,15	47	
VA	L	2,04	3,36 - 5,00	4,14	49	
DLCO pred, ayr.	mL/min/mmHg	8,58	---	18,42	47	
KCO	mL/min/mmHg/L	4,15	3,43 - 5,54	4,42	94	
IV(DLCO)	L	1,25	2,43 - 3,08	3,08	40	
TLC(DLCO)	L	2,16	3,65 - 4,49	4,49	48	
Hb	g/dL	13,9	---	-	-	
RV(DLCO)	L	0,74	0,88 - 1,45	1,45	51	



KCO- DLCO/VA

Düşük KCO		Yüksek KCO	
Pulmoner Hipertansiyon Pulmoner Vaskülit Hepatopulmoner Sendrom Pulmoner AV Malformasyon	Normal Alveoler Volüm (VA)	Sağ-Sol Şant	Normal Alveoler Volüm (VA)
Diffüz İntertisyel AC Hastalığı Bronşiolitis Obliterans Kronik Kalp Yetmezliği Amfizem	Düşük Alveoler Volüm (VA)	Solunum Kas Güçsüzlüğü Göğüs Duvarı Restriksiyonu Hastanın koopere olamaması Pnöminektomi Obezite Anti-GBM Hastalığı, SLE	Düşük Alveoler Volüm (VA)

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi



Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

Ekipmanın Standardizasyonu

Akım hızları için -10 L/sn ile +10 L/sn arasındaki hızlarda $\pm$ % 2'den az sapma olmalı

3 litrelik kalibrasyon şırıngası ile oluşturulan kalibrasyon volümü $\pm$ % 2.5 arasında kalmalıdır, bu değer $\leq$ 75 mL'lik hacim değişikliğine denk gelmektedir

RGA sistemlerinde % 0-90 süresi $\leq$ 150 msn'nin altında olmalıdır

Gaz konsantrasyon sinyallerinde Linearitede % 0.5'ten fazla sapma olmamalı

Önceki DLCO manevrasından kalan rezidüel alveoler CO konsantrasyonu ve inert gaz atılımının $\pm$ %1 duyarlılıkla ölçülebilmeli

Gaz analizörlerinde Karbon monoksit için bu sapma 30 saniyede $\leq$ 10 ppm, tracer gaz içinse 30 saniyede $\leq$ % 0.5 olmalı

Dijital ölçüm yapan sistemlerde sinyallerin doğru işlenebilmesi için en düşük sinyal örnekleme hızı her kanal için $\geq$ 100 Hz olmalıdır

Hem inspire edilen test gazı, hem de alveoler örnek için sistemin ölü boşluk hacmi bilinmeli ve verilerin hesaplanmasındaki etkileri kaydedilmeli

Sistemin ölü boşluk hacmi gaz analizörünün proksimalinde kalan bölüm, filtre ve ağızlık kısımlarından oluşur ve 200 ml' den az olmalı

Single Breath Method-Tek Soluk Yöntemi

2017 ERS/ATS Standardizasyonu DLCO analizörleri için kalibrasyon önerileri

Kalibrasyon Tekniği	Sıklık
Akım analizörü sıfırlama	Her testten önce
Gaz analizörü sıfırlama	Her testten önce ve sonra
Volüm kalibrasyon kontrolü	Her gün
Biyolojik kontrol	Haftada bir
Kalibrasyon şıngası DLCO kontrolü	Haftada bir
Kalibrasyon şıngası kaçak kontrolü	Ayda bir
Linearite kotrolu (kalibrasyon şıngası veya simülatör ile)	Ayda bir

Single Breath Method

Tek Soluk Yöntemi

Chronic Respiratory Disease

[Chron Respir Dis.](#) 2021 Jan-Dec; 18: 14799731211056340.

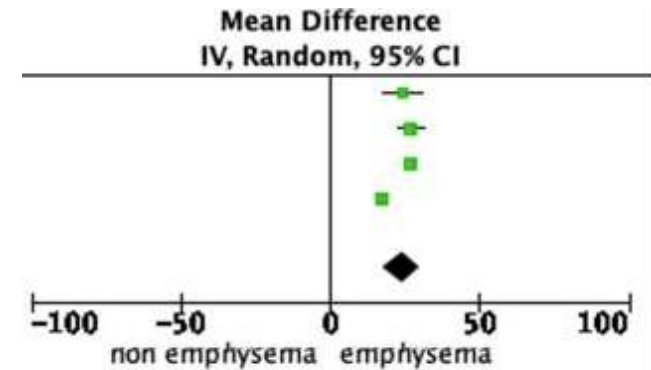
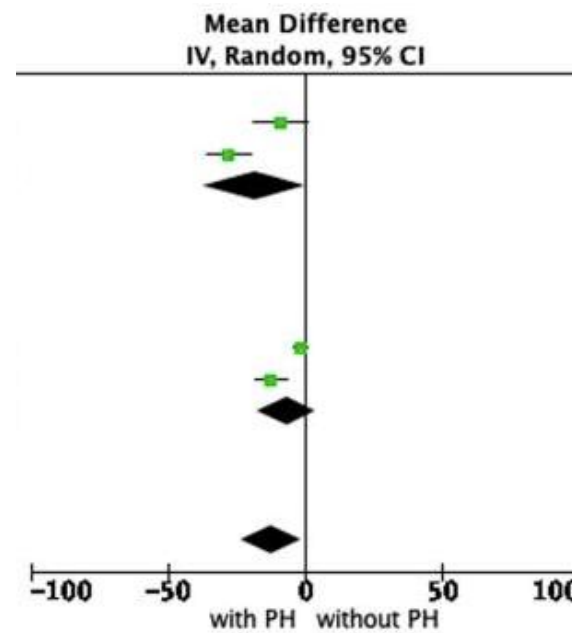
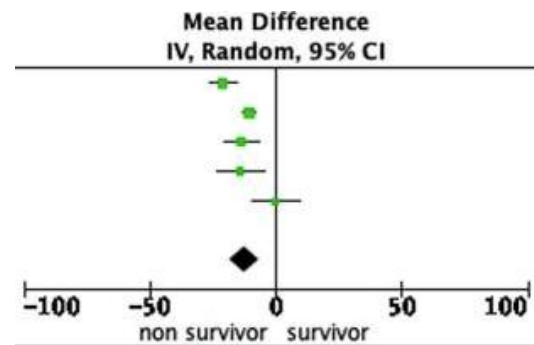
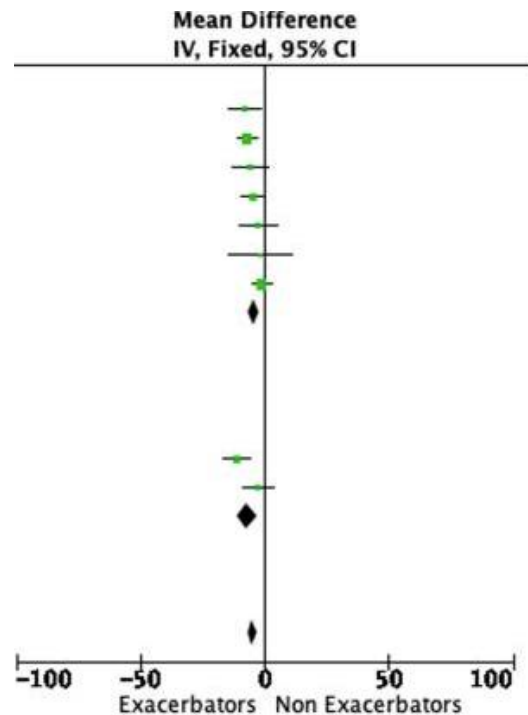
Published online 2021 Dec 2. doi: [10.1177/14799731211056340](https://doi.org/10.1177/14799731211056340)

PMCID: PMC8649441

PMID: [34855516](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34855516/)

Diffusing capacity in chronic obstructive pulmonary disease assessment: A meta-analysis

[Yingmeng Ni](#),^{1,2} [Youchao Yu](#),^{1,2} [Ranran Dai](#),^{1,2} and [Guochao Shi](#)^{1,2}



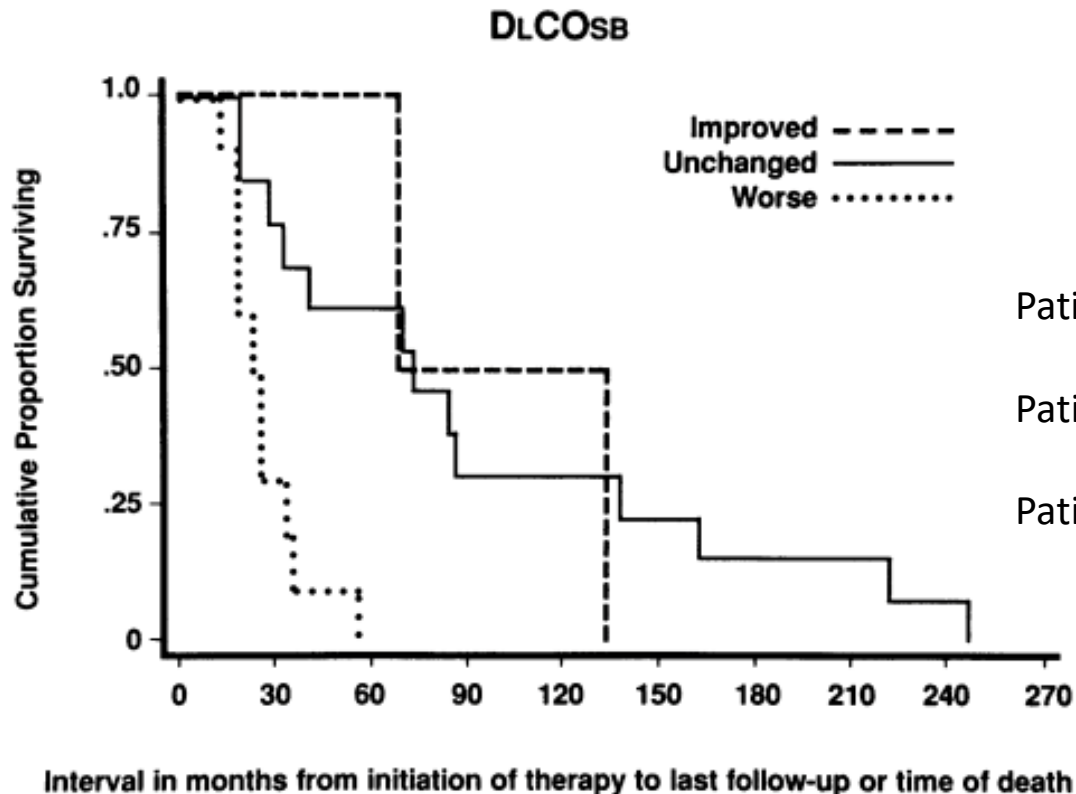
Single Breath Method

Tek Soluk Yöntemi

Changes in Pulmonary Function Test Results After 1 Year of Therapy as Predictors of Survival in Patients With Idiopathic Pulmonary Fibrosis

Daniel Hanson, MD • Richard H. Winterbauer, MD, FCCP • Steven H. Kirtland, MD • Rae Wu, MD, MPH

DOI: <https://doi.org/10.1378/chest.108.2.305>



Patients with an **improved DLCO** had a mean survival of **113.2±60.8 months**

Patients with an **unchanged DLCO** had a mean survival of **102.5±69 months**

Patients with an **decreased DLCO** had a mean survival of **27.3±12.4 months**

Preoperatif Değerlendirmede DLCO

Pnöminektomi:

Postoperatif DLCO= Preoperatif DLCO X (1-rezeke edilecek akciğer perfüzyon fraksiyonu)

Lobektomi:

Postoperatif DLCO= Preoperatif DLCO X (1-rezeke edilecek akciğer fonksiyonel segment/total fonksiyonel segment sayısı)

- Postop FEV1 ve DLCO **>%60** ise düşük risk, başka bir değerlendirmeye gerek yok
- Herhangi birisi **<%60** ve her ikisi **>%30** ise mekik yürüme testi veya merdiven çıkma testi
- Herhangi birisi **<%30** ise kardiyopulmoner egzersiz testi



TEŞEKKÜRLER