

Empfehlungen zur Diffusionskapazität von Kohlenmonoxid

Quelle: Criée C.-P. et al.

Aktuelle Empfehlungen zur Lungenfunktionsdiagnostik
Atemwegs- und Lungenkrankheiten 2024; 50: 111-184
DOI 10.5414/ATX02776





Diffusionskapazität von Kohlenmonoxid

Beurteilung der Atmung:

- a. Bestimmung der Ventilation
- b. Messung des Gasaustausches
 - Erfassung der Sauerstoffaufnahme
 - Erfassung der alveolo-kapillären Diffusion:
 - Standardverfahren: Messung der CO-Diffusionskapazität DLCO (Transferfaktor der Lunge für CO, $T_{L,CO}$)
 - Kohlenmonoxid (CO) besitzt ähnliche Diffusionseigenschaften wie Sauerstoff.
 - CO kommt in der Umgebungsluft nicht vor, ist gut löslich und im Blut nur gering vorhanden (Ausnahme: Raucher).
 - Aus Bestimmung der alveolären CO-Konzentration kann die Diffusionskapazität der Lunge bestimmt werden.



Diffusionskapazität

- Menge eines bestimmten Gases (CO oder O₂), die pro Zeiteinheit durch die alveolo-kapillären Membranen der gesamten Lunge ins Blut diffundiert:

$$D_{L,CO} = V'_{CO} / P_{A,CO} \text{ (mmol} \times \text{min}^{-1} \times \text{kPa}^{-1}\text{)}$$

- D_{L,CO}-Messung erfolgt mit einem Gasgemisch (0,25 – 0,3% CO, 9 – 10% Helium, 21% O₂, Stickstoff)
- Single-Breath Real-Time-Analyse:
0,3% CO, 0,3% CH₄ (Methan), 21% O₂, Stickstoff



Messprinzip

- CO hat eine hohe Hämoglobin-Affinität.
- nahezu konstantes Partialdruckgefälle zwischen Alveolarraum und kapillärem Blut (bei normalem Hb)
- Die gebundene Gasmenge wird bestimmt durch:
 - die Dicke der alveolo-kapillären Membran (beeinflusst durch Fibrose, Ödem),
 - die Größe der funktionellen Austauschfläche (beeinflusst durch Resektion, Emphysem, Gefäßerkrankungen)
 - die Partialdruckdifferenz zwischen Alveole und kapillärem Blut (beeinflusst durch Lungenperfusion),
 - die Diffusionszeit, d. h. hier die Atemanhaltezeit.



Messwerte

- Berechnung von CO-Aufnahme und $D_{L,CO}$ SB Mithilfe der inspiratorischen und expiratorischen CO-Konzentrationen
- Bestimmung des Alveolarvolumens mit Hilfe der Inertgas-Verdünnungsmethode (He bzw. CH_4)
- Ableitung weiterer absoluter Volumina (Residualvolumen (RV), funktionelle Residualkapazität (FRC), totale Lungenskapazität (TLC))



Indikationen/Kontraindikationen

- Verdacht auf eine interstitielle Lungenerkrankung (Fibrosen, Alveolitiden) oder Lungenemphysem
- Verlaufs- und Therapiekontrollen
- präoperative Abschätzung des Gasaustausches
- Diagnostik bei unklarer Dyspnoe

- absolute Kontraindikationen: Keine
- Der Patient soll körperlich und psychisch in der Lage sein, die Luft anzuhalten und Anweisungen zu befolgen.

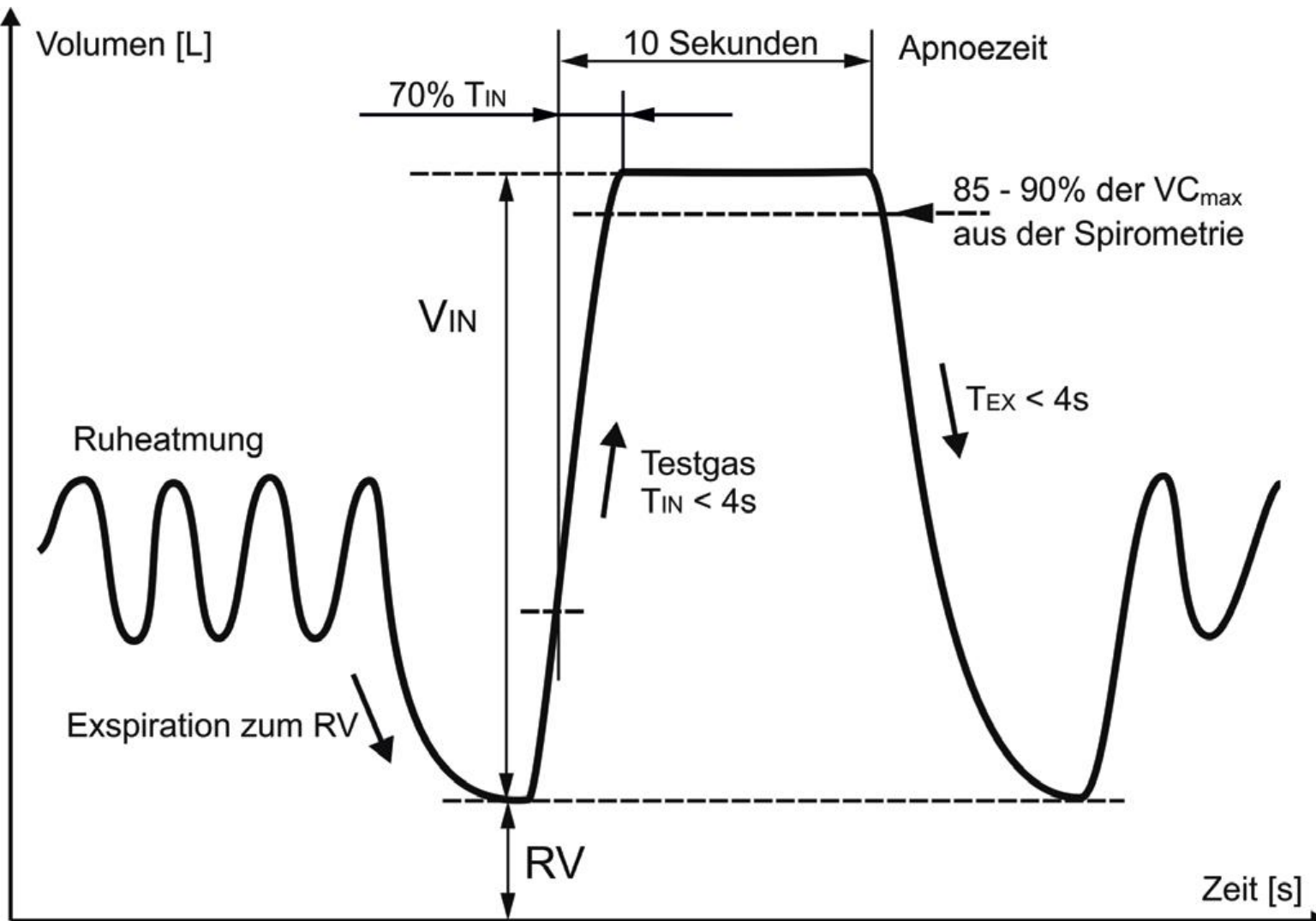


Pathophysiologische Vorgänge, die Einfluss auf die Aufnahme von O₂ und CO haben

- Diffusionsstörung durch verminderte alveolare Diffusionsfläche (Resektion, Alveolenverlust durch Pneumonie, Tuberkulose, Atelektase oder Fibrose)
- verlängerte Diffusionsstrecke (Emphysem, interstitielle Erkrankungen und Entzündung, Lungenödem)
- reduzierte Kapillardiffusionsfläche (rezidivierende Embolien, Vaskulitiden)
- Perfusionsstörung der pulmonalen Kapillaren (nach Lungenembolie)
- pulmonal-arterielle Hypertonie
- Herzinsuffizienz oder anatomischer Rechts-Links-Shunt
- Ventilationsstörungen mit Hypoventilation (Störung des Atemzentrums, Erschöpfung der Atempumpe, Einschränkung der Brustkorbbeweglichkeit)
- Ventilation-Perfusion-Mismatching/Verteilungsstörung (funktioneller Rechts-Links-Shunt durch Adipositas, COPD)



Ablauf des $D_{L,CO}$ -Messmanövers



V_{IN} = inspiriertes Volumen
 RV = Residualvolumen
 T_{IN} = Inspirationszeit
 T_{EX} = Expirationszeit
 VC_{max} = maximale Vitalkapazität



Qualitätskriterien

- Inspiration von mindestens 85% (besser 90%) der individuellen Vitalkapazität (VC)
- Apnoe-Zeit: ca. 10 Sekunden (Referenzwerte)
- stabile Ruheatmung vor dem Single-Breath-Manöver
- ausreichende Expiration bis auf das Residualvolumen zu Beginn der Messung
- anschließende zügige Inspiration des Messgases (< 4 s)
- zügige Expiration (< 4 s) nach der Apnoephase
- schnelle Atmungsmanöver
- keine zusätzliche Kraftanstrengung (kein Saugen, kein Pressen) während der Apnoephase
- gleichmäßige muskuläre Anspannung während der Apnoephase
- 2 – 3 Messungen im Abstand von mindestens 4 Minuten
- Abweichung von der höchsten Messung:
max. $1 \text{ mmol} \times \text{min}^{-1} \times \text{kPa}^{-1}$ oder < 12% (besser: < 6%)



Beeinflussung der Messergebnisse

- Anämie: erniedrigte $D_{L,CO}$ -Messwerte
- Polyglobulie oder alveoläre Hämorrhagie: erhöhte $D_{L,CO}$ -Messwerte
- Tabakrauchen:
Erhöhung des Carboxyhämoglobins (CO-Hb) im Blut
(möglichst 24 Stunden vor der Messung nicht rauchen)
Die $D_{L,CO}$ soll in Kenntnis des Raucherstatus interpretiert werden.
- CO-Hb $\leq 2\%$ ist vernachlässigbar.



Sollwertformeln

EKGS

Frauen

Sollmittelwert $D_{L,CO} = 8,18 \times H^* - 0,049 \times A^\# - 2,74$ [mmol \times min⁻¹ \times kPa⁻¹];
unterer Sollgrenzwert (LLN) = Sollmittelwert - 1,92

Männer

Sollmittelwert $D_{L,CO} = 11,11 \cdot H^* - 0,066 \times A^\# - 6,03$ [mmol \times min⁻¹ \times kPa⁻¹];
unterer Sollgrenzwert (LLN) = Sollmittelwert - 2,32

GLI

Frauen

Sollmittelwert $T_{L,CO} = \exp(-9,008743 + 0,02171106 \times H^* - 0,025634 \times A^\# + \text{Mspline})$
[mmol \times min⁻¹ \times kPa⁻¹]

Männer

Sollmittelwert $T_{L,CO} = \exp(-8,758548 + 0,02151173 \times H^* - 0,027927 \times A^\# + \text{Mspline})$
[mmol \times min⁻¹ \times kPa⁻¹]



Schweregradeinteilung der $D_{L,CO}$

$D_{L,CO}$ -Schweregrade	Z-Score	%Soll
normal	$\geq -1,645$	\geq LLN
leicht	$< -1,645$ bis $\geq -2,5$	$<$ LLN bis $\geq 60\%$ LLN
mittelschwer	$< -2,5$ bis ≥ -4	$< 60\%$ LLN bis $\geq 40\%$ LLN
schwer	< -4	$< 40\%$ LLN



Transferkoeffizient $D_{L,CO}/VA$

- Krogh-Faktor (KCO) oder $D_{L,CO}/VA$
Aufnahme von CO pro Liter Alveolarvolumen,
pro Zeiteinheit (s) und pro Partialdruckdifferenz (kPa)
- $D_{L,CO}/VA$ ist keine auf das Volumen normierte $D_{L,CO}$
- $D_{L,CO}$ wird im Verhältnis zum belüfteten Alveolarraum ($D_{L,CO}/VA$) bei willkürlich oder gezwungenermaßen verminderter Inspiration zu hoch bestimmt.
- $D_{L,CO}$ spiegelt die Gasaufnahmekapazität der gesamten Lunge wider
- höhere Konstanz als KCO und VA in der Diagnostik diffuser parenchymaler Lungenerkrankungen

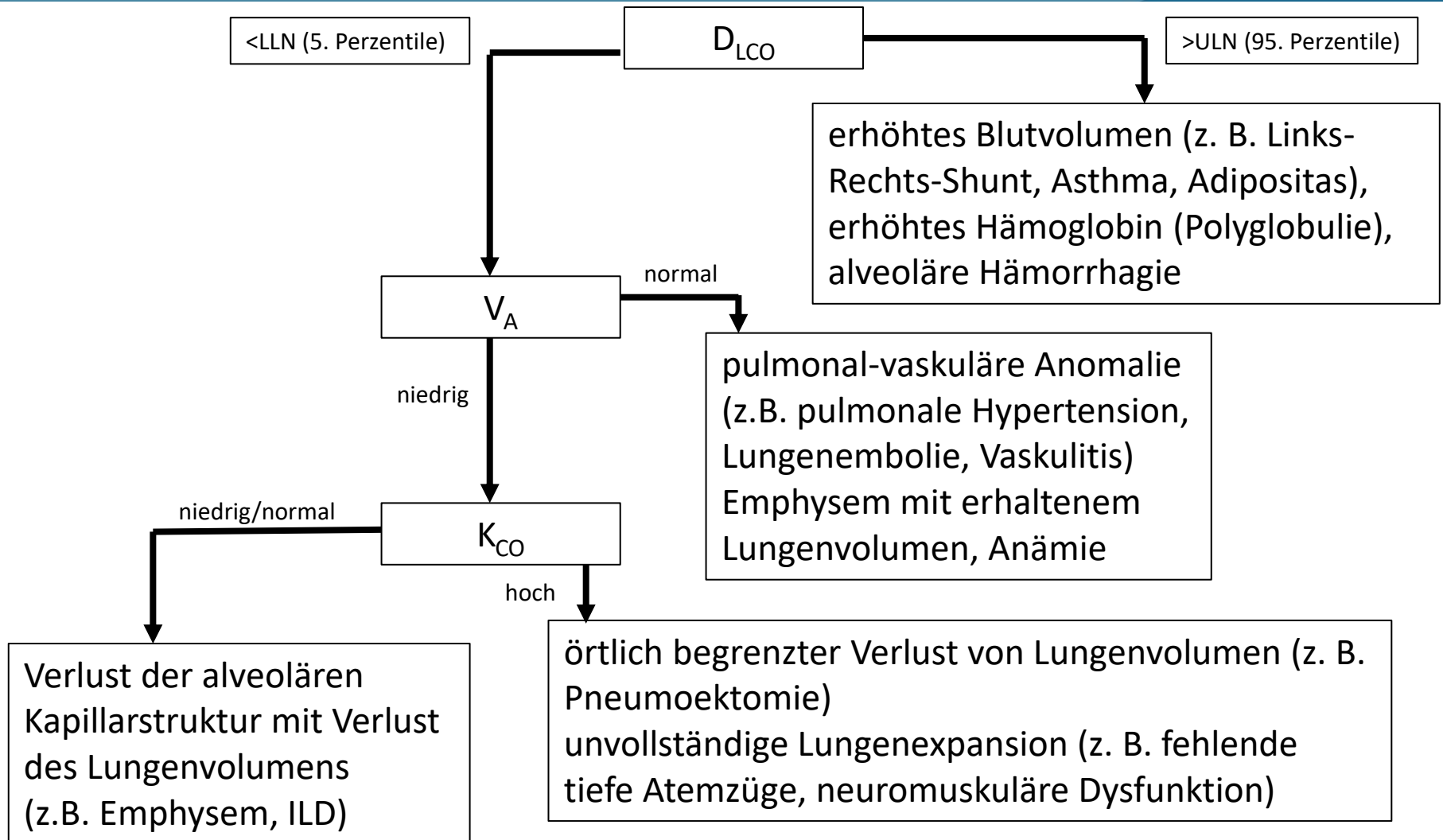


Diagnostik von restriktiven Atemwegserkrankungen,

z.B. Asbestose, Frühdiagnostik eines Lungenemphysems, präoperativ sowie für Verlaufs- und Therapiekontrollen fibrosierender Lungenerkrankungen



Interpretation der Diffusionskapazität der Lunge für Kohlenmonoxid (DLCO)





Essential Sentence

- Standardverfahren zur Bestimmung des Gasaustausches der Lunge
- $D_{L,CO}$ -Messung erfolgt im Single-Breath-Verfahren:
Die diffundierte CO-Menge wird in Relation zur Atemanhalte-Zeit gesetzt (10 Sekunden).
- Der Patient soll mindestens 90% des Volumens seiner individuellen Vitalkapazität im Single-Breath inhalieren.
- Bedeutung der Methode:
Diagnostik und Verlaufsbeurteilung fibrosierender, restriktiver Lungenerkrankungen, Frühdetektion des Lungenemphysems.



Autoren:innen

C.P. Criée, H.J. Smith, A.M. Preisser, D. Bösch, U. Butt, M.M. Borst, N. Hämäläinen, K. Husemann, R.A. Jörres, P. Kardos, C. Lex, F.J. Meyer, D. Nachtigall†, D. Nowak, U. Ochmann, W. Randerath, A. Schütz, B. Schucher, J. Spiesshoefer, C. Taube, S. Walterspacher, M. Wollsching-Strobel, H. Worth, M. Gappa und W. Windisch