

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

Ein Service der Deutschen Atemwegsliga e.V.



Deutsche Atemwegsliga e.V.



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.

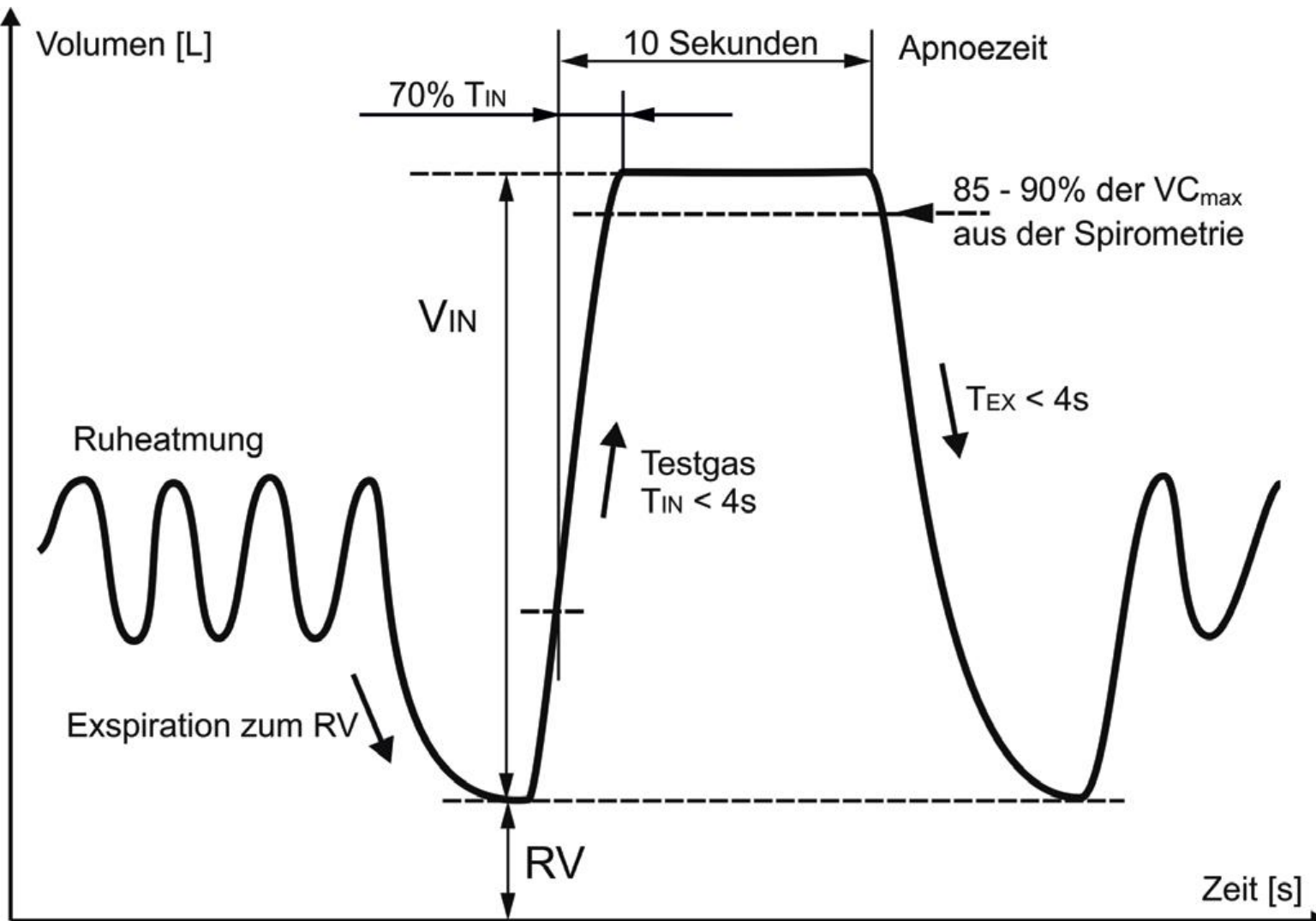


Pathophysiologische Vorgänge, die Einfluss auf die Aufnahme von O₂ und CO haben

- 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

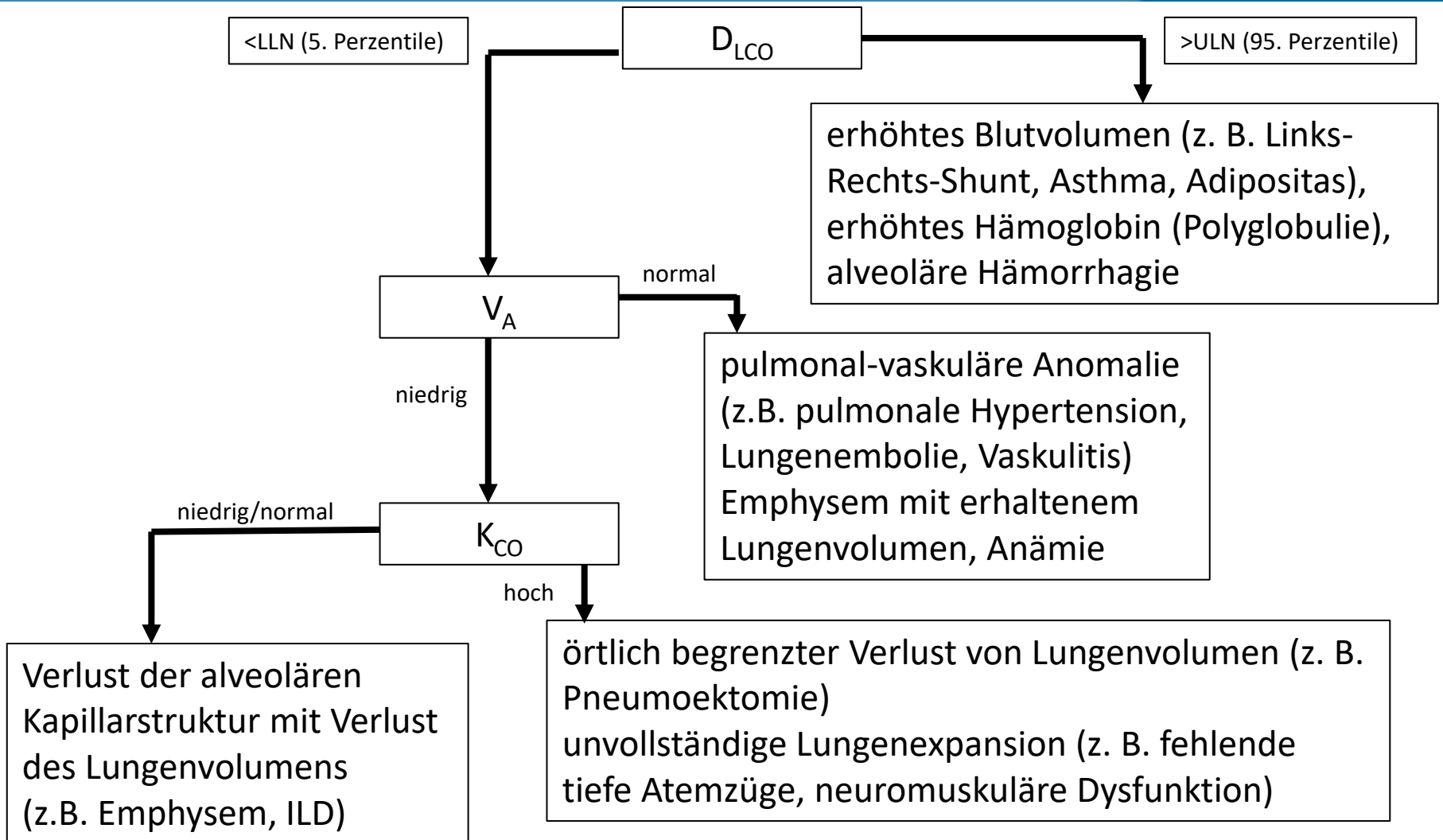


Diagnostik von restriktiven Atemwegserkrankungen,

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.