

Interpretation respiratorischer Funktionstests

Antoine Pasche, Jean-William Fitting

Service de pneumologie, département de médecine, CHUV, Lausanne

volumen

Quintessenz

- Bei obstruktiven Erkrankungen wie chronischer obstruktiver Bronchopneumopathie (COPD) und Asthma kann die Spirometrie – eine in der Hausarztpraxis leicht durchführbare Untersuchung – wertvolle Informationen beitragen. Mit dieser Methode lässt sich die Diagnose einer obstruktiven Ventilationsstörung stellen, deren Schweregrad quantifizieren und Reversibilität abschätzen.
- In manchen Fällen können Messungen von Lungenvolumen und CO-Diffusionskapazität (DLCO) die Spirometrie ergänzen.
- Die Messung der Lungenvolumina ermöglicht die Diagnose einer restriktiven Ventilationsstörung, einer Lungenblähung oder von «Gas trapping».
- Die DLCO-Messung erlaubt Rückschlüsse auf den Zustand der pulmonalen Mikrozirkulation und die Beurteilung von Störungen des Gasaustauschs durch eine obstruktive, restriktive oder vaskuläre Lungenerkrankung.

Einleitung

Die üblichen Lungenfunktionstests umfassen drei Standarduntersuchungen: *Spirometrie*, *Messung der Lungenvolumina* und *Messung der CO-Diffusionskapazität (DLCO)*. Die *Spirometrie* gilt als geeignetster Test für die Abklärung des respiratorischen Gesundheitszustandes eines Patienten. Er ist einfach und schnell und kann auch in der Hausarztpraxis durchgeführt werden [1]. Unter bestimmten Bedingungen muss die Spirometrie durch die Messung der Lungenvolumina und der DLCO ergänzt werden. Diese beiden Untersuchungen können in der Praxis des Pneumologen durchgeführt werden.

Der folgende Beitrag stützt sich zu einem grossen Teil auf die Empfehlungen von ATS (American Thoracic Society) und ERS (European Respiratory Society) von 2005 [2–6]. Er soll dem nicht spezialisierten Arzt einen einfachen, systematischen Überblick über die Lungenfunktionstests bieten. Eine praktische Zusammenfassung (Tab. 1 [↔](#)) und ein Interpretationsalgorithmus (Abb. 1 [📷](#)) sind beigelegt.



Antoine Pasche

Indikationen, Kontraindikationen, Vorbereitung des Patienten, Referenzwerte

Die Indikationen für Lungenfunktionstests sind vielfältig. *Diagnostisch* dienen sie zur Abklärung der respiratorischen Funktion bei Patienten mit respiratorischen Beschwerden und Symptomen, pathologischen Blutgas-

werten oder radiologischen Befunden. Man kann sie auch zur Untersuchung des Einflusses einer Krankheit auf die Atemfunktion, zur Früherfassung von Patienten mit erhöhtem Risiko für eine respiratorische Erkrankung und zur Abschätzung von Operationsrisiken einsetzen. Lungenfunktionstests sind auch wichtig für die *Überwachung* von Krankheiten des Respirationstrakts; damit können die Wirksamkeit der Therapie und der Verlauf der Krankheit überwacht und Nebenwirkungen von Medikamenten festgestellt werden. Schliesslich kommen sie auch bei der Invaliditätsbeurteilung und für epidemiologische Untersuchungen der Bevölkerung zum Einsatz. Eine kürzlich erschienene Übersichtsarbeit fordert, dass die Kontraindikationen der Lungenfunktionstests neu beurteilt werden sollten [7]. Wegen möglicher kardiovaskulärer oder respiratorischer Komplikationen sollte man bei instabiler Kardiopathie (Myokardinfarkt, kardiale Angina), bei Aortenaneurysma und Lungenembolie keine Lungenfunktionstests durchführen. Auch bis drei Wochen nach einem chirurgischen Eingriff an Thorax, Abdomen und Gehirn sollte man wegen der Möglichkeit lokaler Komplikationen auf Lungenfunktionstests verzichten. Schliesslich gibt es Situationen wie Schmerzen in Thorax, Abdomen, Gesicht oder auch Verwirrheitszustände, die das Resultat beeinträchtigen. Diese sollten daher vor der Durchführung von Lungenfunktionstests behoben werden.

Vor Lungenfunktionstests, die zu *diagnostischen* Zwecken durchgeführt werden, sollte der Patient je nach Pharmakokinetik seine Bronchodilatoren zuvor rechtzeitig absetzen. Generell werden Bronchodilatoren mit kurzer Wirkungsdauer 6 Std., diejenigen mit langer 12 bis 24 Std. vor der Untersuchung abgesetzt. Während 24 Std. vor dem Test darf kein Theophyllin zugeführt werden. Bei Lungenfunktionstests zur *Verlaufsbeobachtung einer Lungenkrankheit* setzt man die Bronchodilatoren dagegen nicht ab.

In den Stunden vor der Untersuchung darf der Patient nicht rauchen, essen oder körperlich aktiv sein. Zu Beginn eines Lungenfunktionstests werden zur Errechnung der Referenzwerte die demographischen Daten erhoben. Diese Werte werden in der Regel mit Gleichungen, die aufgrund von Daten aus Studien an gesunden Populationen abgeleitet wurden, durch einen Computer errechnet. Parameter wie Geschlecht, Alter und Körperlänge fliesen in diese Gleichungen ein. Es gibt auch Unterschiede zwischen verschiedenen Ethnien. Ein Wert unter der 5. Perzentile in der Verteilung bei der Referenzpopulation gilt als abnorm. In Europa werden derzeit für Erwachsene die von der EGKS (Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl) publizierten Werte verwendet [8].

Die Autoren haben keine finanziellen oder persönlichen Verbindungen im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

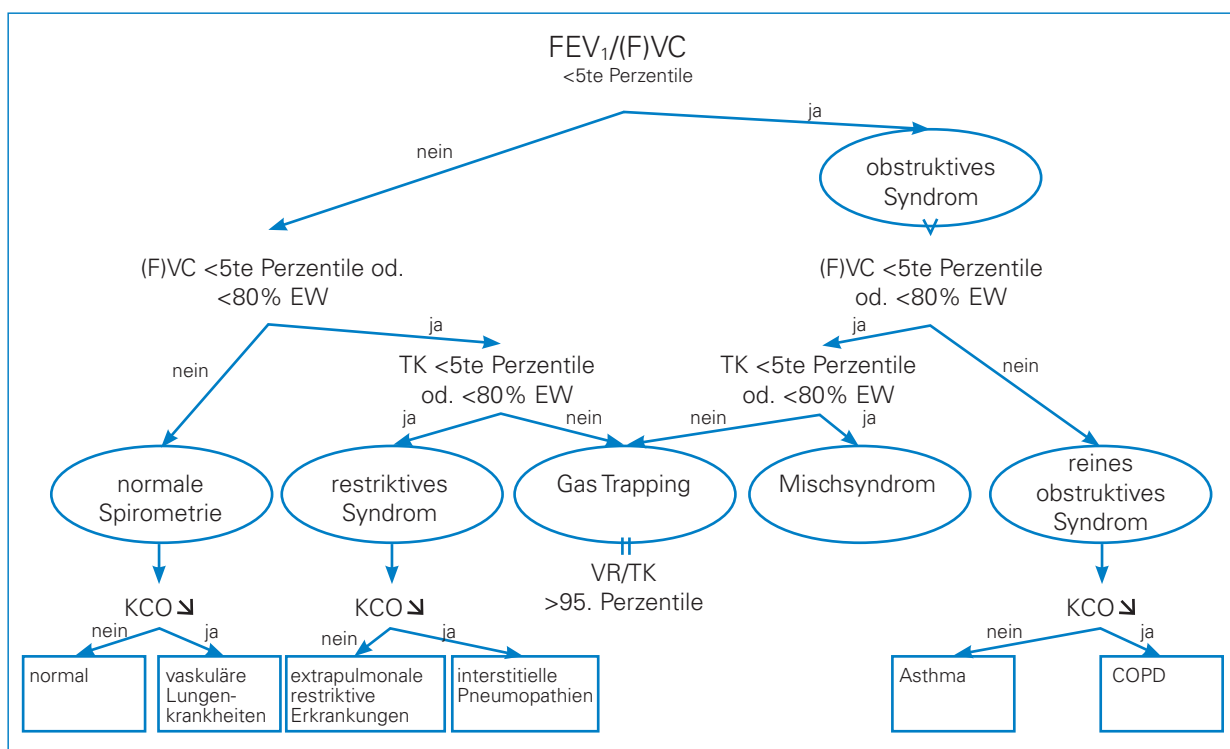


Abbildung 1

Algorithmus zur Interpretation der Lungenfunktion: FEV₁: maximales in 1 Sekunde expiriertes Volumen, (F)VC: (forcierte) Vitalkapazität, TK: Totalkapazität der Lunge, KCO: CO-Diffusionskoeffizient, EW: Erwartungswert.

Tabelle 1

Interpretation von respiratorischen Funktionstests.

a. Volumina

Restriktives Syndrom	TK < 5. Perzentile (oder < 80% des Erwartungswertes)
Gas Trapping	VR/TK > 95. Perzentile (oder > 130% des Erwartungswertes)
Lungenblähung	FRK > 95. Perzentile (oder > 130% des Erwartungswertes) (ausser bei ausgeglichen vergrösserten Volumina)

b. Spirometrie

Obstruktives Syndrom	FEV ₁ /VC oder FEV ₁ /FVC < 5. Perzentile
Bronchodilatationstest	Signifikante Reversibilität: Δ FEV ₁ oder FVC > 12% und 200 ml verglichen mit dem Ausgangswert
Schweregrad einer Ventilationsstörung (obstruktiv und/oder restriktiv)	FEV ₁ (% des Erwartungswertes)
	Leicht > 70
	Mittel 60–69
	Mässig schwer 50–59
	Schwer 35–49
	Sehr schwer < 35
Klassifikation der COPD nach GOLD (Werte nach Bronchodilatation)	Stadium I FEV ₁ /FVC < 70%, FEV ₁ > 80% des Erwartungswertes
	Stadium II FEV ₁ /FVC < 70%, FEV ₁ 50–79% Erwartungswert
	Stadium III FEV ₁ /FVC < 70%, FEV ₁ 30–49% Erwartungswert
	Stadium IV FEV ₁ /FVC < 70%, FEV ₁ < 30% Erwartungswert

c. Diffusionskapazität

Normale DLCO: 75–125% des Erwartungswertes	<i>Diffusionsstörungen</i>	<i>DLCO (% Erwartungswert)</i>
	Leicht	61–74
	Mittel	40–60
	Schwer	< 40

TK: Totalkapazität der Lunge, VR: Residualvolumen, FRK funktionelle Residualkapazität, FEV₁: forciertes Expirationsvolumen während 1 Sekunde, VC: Vitalkapazität, FVC: forcierte Vitalkapazität, COPD: chronisch obstruktive Bronchopneumopathie, GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, DLCO: CO-Diffusionskapazität.

Spirometrie

Bei der Spirometrie handelt es sich um eine physiologische Messung der Ein- und Ausatmung von Luftvolumina über die Zeit. Sie erlaubt es, den respiratorischen Gesundheitszustand eines Patienten zu beurteilen, liefert jedoch für sich allein genommen keine ätiologische Diagnose. Ihre Hauptbedeutung liegt darin, dass damit obstruktive Ventilationsstörungen festgestellt und quantifiziert werden können.

Die Spirometrie misst:

Bei forciertem Expirationsstoss:

- forciertes Expirationsvolumen während 1 Sekunde (FEV_1 aus dem Englischen);
- forcierte Vitalkapazität (FVC);
- Peak (expiratory) Flow (PEF);
- Maximale Strömungsgeschwindigkeit bei 25 bis 75% der FVC (FEF_{25-75}).

Bei langsamer Expiration:

- Vitalkapazität (VC).

Physiologisch sind VC und FVC gleichwertig. Man könnte sich daher bei der Spirometrie auf die forcierte Expiration beschränken. Bei obstruktiver Lungenfunktionsstörung kann die FVC im Verhältnis zur VC erniedrigt sein, daher ist es sinnvoll, auch die langsame Atmung zu messen.

Die Spirometrie ist bei vermindertem Quotient FEV_1/VC (Tiffeneau-Quotient) oder FEV_1/FVC für eine obstruktive Ventilationsstörung diagnostisch. Sie erlaubt eine Beurteilung des Schweregrads einer respiratorischen Funktionsstörung anhand des FEV_1 . Wenn schliesslich FEV_1 und VC oder FVC gleichermaßen erniedrigt sind, kann das als Hinweis auf eine restriktive Respirationsstörung oder «Gas Trapping» sein.

Graphisch stellt sich die Spirometrie als *Fluss-Volumen-Diagramm* dar. Zur richtigen Interpretation einer spirometrischen Untersuchung sollte auch dieses Diagramm betrachtet werden, es erlaubt Rückschlüsse auf die Qualität der Untersuchung und kann für bestimmte funktionelle Störungen typische Bilder zeigen (Abb. 2 ).

Bei obstruktiven Ventilationsstörungen lässt sich mittels *Bronchodilatationstest* deren Reversibilität abklären. Er wird wie folgt ausgeführt: Spirometrie mit forcierter Expiration, Inhalation des Bronchodilatators (z.B. Salbutamol, Ventolin® 400 µg durch Aerosol-Dosiergerät mit Inhalationskammer), 15 Minuten Pause, weitere Spirometrie mit forcierter Expiration. Der Reversibilitätstest gilt als positiv, wenn nach der Inhalation des Bronchodilatators FEV_1 und/oder FVC um $>12\%$ und >200 ml ansteigen.

Interpretation der Spirometrie (Tab. 1b)

Obstruktive respiratorische Störung (obstruktives Syndrom)

Bei der obstruktiven respiratorischen Störung liegt eine unverhältnismässige Verminderung des maximalen expiratorischen Flusses im Verhältnis zum maximal mobilisierbarem Volumen (VC) vor [6]. Die Weite der Atemwege wird bei forcierter Ausatmung reduziert, was eine Reduktion des Verhältnisses FEV_1/VC mit sich bringt. Von ATS/ERS wird als diagnostisches Kriterium für eine obstruktive respiratorische Funktionsstörung ein FEV_1/VC -Verhältnis unterhalb der 5. Perzentile des erwarteten Wertes vorgeschlagen. Gemäss diesen Kriterien muss also eine forcierte Expiration zur Bestimmung des FEV_1 und eine langsame für die VC durchgeführt werden. Sofern das Spirometer die 5% Perzentile nicht liefert, kann man mittels Gleichungen nach Quanjor folgendes Kriterium anwenden [8]: $FEV_1/VC < (\text{erwartetes } FEV_1/VC - 11\%)$ bei Frauen und $FEV_1/VC < (\text{erwartetes } FEV_1/VC - 12\%)$ bei Männern.

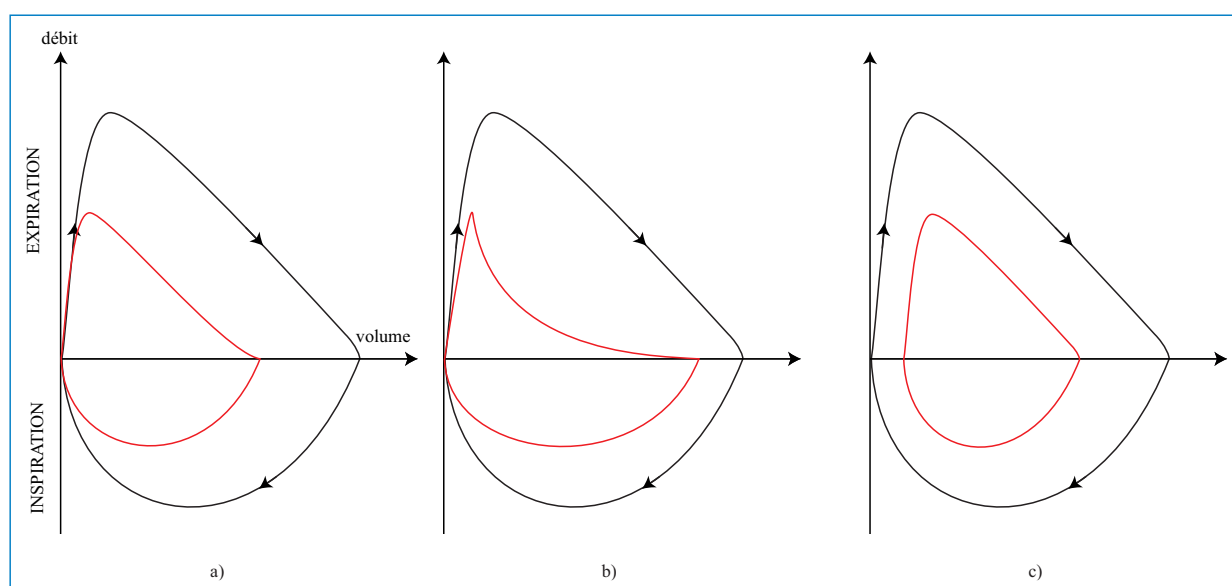


Abbildung 2

Beispiele von Fluss-Volumen-Diagrammen: schwarz: normale Kurve, rot: **a)** Asthma, **b)** Emphysem, **c)** restriktives Syndrom.

Obstruktive Respirationsstörungen können auch aufgrund einer Reduktion des Verhältnisses FEV_1/FVC diagnostiziert werden, wozu die Untersuchung der forcierten Expiration genügt.

Schweregrad der respiratorischen Störung

Der Schweregrad einer respiratorischen Störung wird hauptsächlich anhand des FEV_1 , ausgedrückt in Prozent des Referenzwerts, beurteilt. Gemäss dem Konsensus von ATS/ERS werden als generelle Kriterien für den Schweregrad aller Anomalien, obstruktiver, restriktiver wie gemischter, die in Tabelle 1b dargestellten Werte vorgeschlagen [6].

Chronisch obstruktive Bronchopneumopathie (COPD)

Die Initiative GOLD (*Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*) [9] schlägt ein einziges Kriterium für die Diagnose einer obstruktiven respiratorischen Störung bei COPD vor: ein $FEV_1/FVC < 0,7$, gemessen *nach Applikation eines Bronchodilatators*, dies um Fälle von Asthma auszuschliessen. Diese Definition ist einfach, es genügt eine Messung der forcierten Expiration, und sie funktioniert unabhängig von Gleichungen zur Voraussage des Erwartungswertes. Allerdings wird damit die Prävalenz obstruktiver Respirationsstörungen bei über 50-Jährigen überschätzt. In der Praxis ist es wohl vernünftig, die Diagnose einer COPD bei erniedrigtem Verhältnis FEV_1/FVC nur bei Vorliegen entsprechender Symptome zu stellen.

GOLD schlägt auch vor, den Schweregrad einer COPD anhand des FEV_1 nach Gabe eines Bronchodilatators zu klassifizieren (siehe Tab. 1b).

Peak Flow

Der Peak (expiratory) Flow (PEF) entspricht dem maximalen Atemstrom bei forcierter Ausatmung. Im Rahmen einer Spirometrie wird der Strom in l/Sek. angegeben. Der PEF kann auch für sich allein mit einem Peak Flow Meter, einem tragbaren und nicht teuren Gerät, gemessen werden. In diesem Fall wird der PEF in l/Min. angegeben.

Eine Messung des PEF ist bei Asthmapatienten hilfreich, sie ist ein objektives Mass für die Kontrolle der Erkrankung. In der Praxis wird es bei Patienten eingesetzt, die ihre Symptome ungenügend beurteilen können, bei Patienten mit mittelschwerem bis schwerem Asthma oder Patienten, die über schwere Exazerbationen in der Vergangenheit berichten. In solchen Situationen kann der Patient seine Medikation je nachdem, wie sein PEF im Vergleich zu seinem besten Basiswert ausfällt, anpassen [10].

Bei der COPD kollabieren bei einer forcierten Expiration die Atemwege, und die Strömung bricht nach dem PEF ab. Daher wird der Schweregrad einer Obstruktion bei Messung des PEF im Vergleich mit derjenigen des FEV_1 unterschätzt. Ein normaler PEF schliesst eine nennenswerte Obstruktion aus; trotzdem bleibt die Spirometrie der einzige akzeptable Test sowohl für die Diagnose wie die Verlaufsbeobachtung [11].

Lungenvolumina

Mit der Spirometrie wird das zwischen vollständiger Inspiration und Expiration mobilisierbare Luftvolumen gemessen. Zur Messung des gesamten Lungenvolumens sind dagegen andere Techniken erforderlich, es stehen Ganzkörperplethysmographie oder Fremdgasmethode zur Verfügung. Letztere unterschätzt die Volumina bei unvollständiger Luftverteilung bei obstruktiver Respirationsstörung. Daher gilt derzeit die Ganzkörperplethysmographie als Referenzmethode.

Die Messung der Lungenvolumina ist vor allem bei reduzierter Vitalkapazität in der Spirometrie indiziert. Eine tiefe Vitalkapazität kann bei restriktiver Ventilationsstörung oder Gas Trapping vorkommen.

Interpretation der Lungenvolumina (Tab. 1a)

Restriktive Ventilationsstörung (restriktives Syndrom)

Die restriktive Ventilationsstörung ist durch eine Abnahme der Totalkapazität der Lungen charakterisiert. Die Vitalkapazität allein ermöglicht noch keinen Nachweis einer Restriktion. Das von der ATS/ERS vorgeschlagene diagnostische Kriterium für eine restriktive Ventilationsstörung ist folgendes: Totalkapazität < 5 . Perzentile des Erwartungswertes. Stehen keine Perzentilwerte zur Verfügung, kann eine Totalkapazität von $< 80\%$ des Erwartungswertes als beweisend für eine restriktive Ventilationsstörung gelten.

Eine restriktive Ventilationsstörung kann pulmonale (z.B. interstitielle Pneumopathie, Folgen einer Infektion, Lungenresektion) oder extrapulmonale (z.B. Pleura, Skelett, Muskulatur, Adipositas) Ursachen haben.

Gemischte Ventilationsstörungen

Von einer gemischten Ventilationsstörung wird gesprochen, wenn eine obstruktive und eine restriktive Ventilationsstörung zugleich vorliegen: Sowohl FEV_1/VC wie Totalkapazität liegen unter der 5. Perzentile des Erwartungswertes.

Gas Trapping

Unter Gas Trapping (*air trapping*) versteht man eine Erhöhung des Residualvolumens im Verhältnis zur Totalkapazität: $VR/TK > 95$. Perzentile (oder $> 130\%$ des Erwartungswertes). Ein Gas Trapping ist am häufigsten bei obstruktiven Ventilationsstörungen zu beobachten, kann aber auch Folge einer schwachen expiratorischen Muskulatur bei einer neuromuskulären Erkrankung sein.

Blähung

Die Lungenblähung (*lung hyperinflation*) ist durch eine Erhöhung der funktionellen Residualkapazität charakterisiert: $FRK > 95$. Perzentile oder $> 130\%$ des Erwartungswertes. Bei ausgeglichenen grossen Volumina sind sowohl FRK wie VC erhöht, und in dieser Situation spricht man nicht von Lungenblähung. Lungenblähung kommt bei obstruktiver Ventilationsstörung vor, speziell beim Lungenemphysem.

Diffusionskapazität

Die CO-Diffusionskapazität (DLCO), auch CO-Transferfaktor (TLCO), entspricht der Fähigkeit der Lungen, Gas aus der Alveolarluft zu den roten Blutkörperchen in den Lungenkapillaren zu transferieren. Die DLCO öffnet das Fenster zur pulmonalen Mikrozirkulation und widerspiegelt die für den Gasaustausch verfügbare Lungenoberfläche.

Die übliche Methode besteht in der Messung bei angehaltenem Atem. Nach vollständiger Expiration führt der Patient eine rasche und vollständige Inspiration eines Gemischs von Luft mit einer geringen Menge von CO und eines inerten Gases (Helium oder Methan) durch. Nach 10 Sek. Anhalten des Atems atmet er langsam aus, und in der ausgetatmeten Luft wird der Anteil an CO und Inertgas gemessen. Daraus wird der CO-Diffusionskoeffizient (KCO) berechnet, Resultat aus dem ins Kapillarblut diffundierten CO-Anteil und dem Alveolarvolumen (AV), dem Verteilungsvolumen. Die Diffusionskapazität wird aus dem Produkt der beiden Messwerte berechnet: $DLCO = KCO \times AV$.

Verschiedene Faktoren beeinflussen den Wert der DLCO. **Hämoglobinspiegel:** Das CO bindet an Hämoglobin, somit erhöht sich die DLCO bei Polyglobulie und vermindert sich bei Anämie. Die DLCO muss daher stets für den Hämoglobinspiegel korrigiert werden, man spricht von der *korrigierten DLCO*. **Karboxyhämoglobin:** Jede Erhöhung von [HbCO] (Rauchen, CO-Intoxikation) vermindert DLCO. Der Proband darf während 24 Std. vor der Untersuchung nicht rauchen. **Höhe:** Sauerstoff und Kohlenmonoxid konkurrieren bei der Bindung an Hämoglobin. In der Höhe bewirkt die geringere eingeatmete Sauerstoffmenge eine Erhöhung der DLCO. **Körperliche Anstrengung:** Jede Erhöhung der vom Herzen ausgeworfene Menge an Blut bewirkt eine Erhöhung des Volumens der Lungenkapillaren, somit des verfügbaren Hämoglobins. Die Folge ist, dass auch die DLCO ansteigt. Der Proband darf sich vor der Messung der DLCO nicht körperlich anstrengen.

Interpretation der DLCO (Tab. 1c)

Die Messung der DLCO ist indiziert, um Art und Schweregrad einer obstruktiven oder restriktiven Erkrankung näher abzuklären, ebenso bei Verdacht auf eine vaskuläre Lungenerkrankung. Speziell hilfreich ist sie bei der Verlaufsbeobachtung von interstitiellen Pneumopathien, ebenso zur Funktionsabklärung vor Lungenresektion.

Bei der Interpretation der DLCO ist es nützlich, auch deren Komponenten anzuschauen: den Diffusionskoeffizienten (KCO) und das Alveolarvolumen (AV). Tabelle 2 fasst die wichtigsten pathologischen Profile der DLCO zusammen.

Schlussfolgerung

Auf Lungenfunktionstests kann man bei der Abklärung von Patienten mit respiratorischen Symptomen und bei der Nachkontrolle von Lungenerkrankungen nicht verzichten. Mittels Spirometrie kann auch der Allgemeinarzt eine obstruktive Ventilationsstörung nachweisen und die Nachkontrolle von Patienten mit COPD oder Asthma übernehmen. Für weiterführende Untersuchungen – Messung der Lungenvolumina zur Diagnose eines restriktiven Syndroms oder Messung der Diffusionskapazität zur Evaluation der pulmonalen Mikrozirkulation – wird der Hausarzt den Patienten an den Pneumologen überweisen.

Korrespondenz:

Dr. med. Antoine Pasche
Service de pneumologie
Département de médecine
CHUV
CH-1011 Lausanne
[antoine.pasche\[at\]chuv.ch](mailto:antoine.pasche[at]chuv.ch)

Literatur

- Lusuardi M, De Benedetto F, Paggiaro P et al. A randomized controlled trial on office spirometry in asthma and COPD in standard general practice: data from spirometry in Asthma and COPD: a comparative evaluation Italian study. *Chest*. 2006;129:844–52.
- Miller MR, Crapo R, Hankinson J et al. General considerations for lung function testing. *EurRespir J*. 2005;26:153–61.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V et al. Standardisation of spirometry. *EurRespir J*. 2005;26:319–38.
- Wanger J, Clausen JL, Coates A et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *EurRespir J*. 2005;26:511–22.
- Macintyre N, Crapo RO, Viegi G et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *EurRespir J*. 2005;26:720–35.
- Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V et al. Interpretative strategies for lung function tests. *EurRespir J*. 2005;26:948–68.
- Brendan G Cooper. An update on contraindications for lung function testing. *Thorax*. 2011;66:714–23.
- Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *EurRespir J* 1993;16(Suppl.):5–40.
- Rabe KF, Hurd S, Anzueto A et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007;176:532–55.
- Expert Panel Report 3_ Guidelines for the Diagnosis and Management of Asthma--Summary Report 2007. National Asthma Education Prevention Program Expert Panel Report 3. 2008;1–74.
- Quanjer PH, Lebowitz MD, Gregg I, Miller MR, Pedersen OF. Peak expiratory flow: conclusions and recommendations of a Working Party of the European Respiratory Society. *EurRespir J* 1997;24(Suppl.):2S-8S.

Tabelle 2

Wichtigste pathologische Profile der Diffusionskapazität.

Pathologie	AV	KCO	DLCO	Beispiele
Unvollständige Entfaltung	↓↓↓	↑↑	↓	Pleura-, Skelett-, neuromuskuläre Erkrankung, Adipositas
Lokalisierter Verlust	↓↓↓	↑	↓↓	Resektion, Atelektase
Diffuser Verlust	↓↓	↓	↓↓↓	Fibrose
Emphysem	↓	↓↓	↓↓↓	COPD
Vaskuläre Lungenerkrankung	Normal	↓↓	↓↓	Pulmonale Hypertension, chronische Thromboembolien, Vaskulitis, Sichelzellanämie, hepato-pulmonales Syndrom
Erhöhter Blutfluss	Normal	↑	↑	Erhöhter kardialer Auswurf, Links-rechts-Shunt
Alveoläre Hämorrhagie	↓	↑↑↑	↑↑	Anti-GBM-Erkrankung, pulmonale Vaskulitis, SLE

AV: Alveolarvolumen, KCO: CO-Diffusionskoeffizient, DLCO: CO-Diffusionskapazität.