

K. Röcker

Vitalkapazität

Abt. Sportmedizin, Universitätsklinikum Tübingen

Zusammenfassung

Die Vitalkapazität (VC) entspricht der maximalen „bewegbaren“ Luftmenge in der Lunge. Die Messmethodik zur Bestimmung der VC ist vergleichsweise einfach, billig und verlässlich. Mithin gelingt eine klinische Diagnose bei pathologischer VC nur unter Hinzunahme weiterer Diagnostik, z. B. der dynamischen Spirometrie. Die absolute Ausprägung einer VC im nichtpathologischen Bereich dürfte keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines Sportlers haben.

Definition

Die inspiratorische Vitalkapazität (IVC) wurde durch *Hutchinson* erstmals 1846 als relevante klinische Messgröße beschrieben (2). Sie ist in der sogenannten statischen Spirometrie das Volumen der maximalen Einatmung nach willentlich kompletter Ausatmung. Demgegenüber ist die expiratorische Vitalkapazität (EVC) dasjenige Volumen, welches nach maximaler Inspiration wieder ausgeatmet werden kann. Im Allgemeinen ist also die Vitalkapazität das Atemvolumen zwischen maximaler In- und Expirationsstellung (in- oder expiratorisch gemessen). Demgegenüber spricht man von der forcierten Vitalkapazität (FVC) als dem maximalen expiratorischen Volumen unter möglichst schneller („forcierter“) Ausatmung (Abb. 1.)

Messmethodik

Die Messung der VC erfolgt in sitzender Position des Probanden. Der Proband atmet über ein Mundstück, welches mit der Messeinrichtung verbunden ist. Die Nasenatmung sollte mit einer Nasenklemme verhindert werden. Vor jedem neuen Probanden muss das Messgerät sachgerecht desinfiziert und gereinigt werden. Zur Verbesserung der Hygiene sind Einmalmundstücke gebräuchlich. Je nach Messmethodik muss auf die jeweils korrekte Kalibration des Gerätes geachtet werden. Allenfalls neuere Geräte mit Ultraschallmessaufnehmer sind kalibrationsfrei.

Es bestehen wenige Kontraindikationen zur Durchführung einer statischen Lungenfunktionsprüfung. Diese sind beispielsweise krankheitsbedingte Hyperventilation und dekompensierte respiratorische Insuffizienz. Darüberhinaus setzt die Spirometrie ein Mindestmaß an Kooperationsfähigkeit beim Probanden voraus.

Die VC kann sowohl mit Messgeräten zur statischen, wie auch zur dynamischen Spirometrie bestimmt werden. Beispiele für eine direkte Messung der Gasvolumina sind das Trockenspirometer und das Glockenspirometer. Beim Trockenspirometer erfolgt die Mengemessung nach dem Prinzip des Blasebalgs. Die Balgexkursionen werden auf eine Registriereinheit übertragen. Beim Glockenspirometer erfolgt die Überleitung der Atmung über einen Schlauch in eine gasgefüllte Spirometerglocke, welche sich in einem wassergefüllten Gefäß befindet. Die atemabhängigen Volumenänderungen bewegen die Spirometerglocke, welche wiederum über eine entsprechende Aufzeichnungseinheit dokumentiert werden.

Beim Pneumotachographen oder Flowmeter zur dynamischen Spirometrie wird stattdessen die aktuelle Atemgasströmungsgeschwindigkeit gemessen und zur Gasvolumenberechnung per Com-

putersystem über die Zeit integriert. Beim Pneumotachographen ist ein Sieb im Atemstrom angebracht. Der Luftdruck vor diesem Strömungswiderstand ist proportional zur Atemstromstärke. Neuere Flowmeter basieren auf der Konstruktion kleiner Turbinenräder oder dem Einsatz von Ultraschall zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit.

Mit statischen Messeinrichtungen können die Gasvolumina genauer gemessen werden, ohne dass allerdings mit diesen Geräten die wichtigen zusätzlichen dynamischen Größen erfasst werden könnten. Da Gasvolumina abhängig von Temperatur und Dampfdruck sind, werden spirometrische Volumina in der Regel auf die soge-

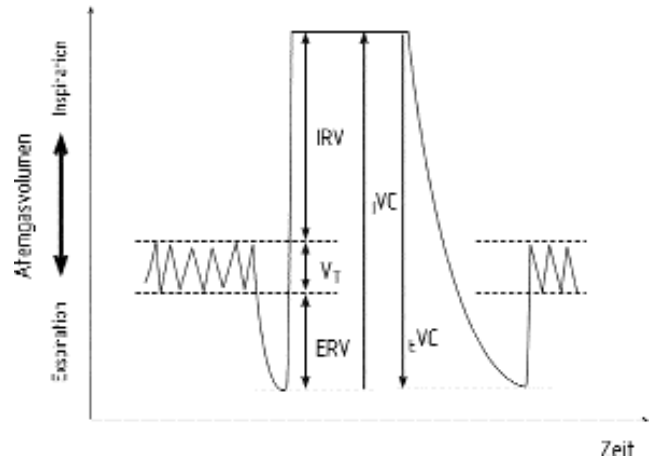


Abb. 1: Schematische Darstellung der Atemmanöver zur Bestimmung der inspiratorischen (IVC) und expiratorischen (EVC) Vitalkapazität. Aus der Phase der Normalatmung atmet der Proband willentlich maximal aus und ein. Die Vitalkapazität ist die Summe aus der Atemzugtiefe (V_T), dem expiratorischen Reservevolumen (ERV) und dem inspiratorischen Reservevolumen (IRV).

nannten „BTPS-Bedingungen“ (Körpertemperatur und Körperdruck, wasserdampfgesättigt) umgerechnet. Voraussetzung für eine exakte Messung mit dynamischen Messeinrichtungen ist deren Linearität im eingesetzten Stromstärkebereich.

Messgenauigkeit

Die Reproduzierbarkeit, beziehungsweise die Präzision zwischen Test und Re-Test, wird für die VC methodenabhängig als sehr gut angegeben. Kurzfristig beträgt der Variationskoeffizient 1,7–2,5%. Das Ergebnis der Messung hängt hierbei neben physikalischen Einflussgrößen (Temperatur, Verwirbelungen, Nichtlineare Messcharakteristik) vor allem von der Mitarbeit des Probanden ab. Eine weitere Störungsmöglichkeit besteht in einer eventuellen Undichtigkeit des Mundstücks. Bei Aufzeichnung der Verlaufskurve der kumulierten Atemstromstärke im Zeitverlauf kann dabei die Qualität des Versuchs abgeschätzt werden. Ein hyperbeloider Verlauf der Kurve mit stetiger Verlangsamung des Volumenzuwachses entspricht einem verlässlichen Versuchsablauf. Wenn die FVC deutlich höher als die VC ausfällt, muss von einem Messfehler ausgegangen werden. Zur Verbesserung der Genauigkeit sollte eine Messung der VC dreimal wiederholt werden. Hierbei sollten die beiden höchsten Werte nicht mehr als 5% zueinander differieren.

Referenzwerte

Typische Werte für die VC sind für Männer > 4,0 Liter und für Frauen > 3,0 Liter. Die Angaben über Normwerte variieren allerdings je

Tabelle 1: Sollwerttabelle für die Vitalkapazität. Die Angaben sind jeweils in Liter und er rechnen sich aus der Sollwertvorgabe der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS, Gleichung I (4)). Angegeben sind jeweils die Werte für Männer / Frauen.

Körpergröße (cm)	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
Alter (Jahre)					
20	4,37 / 3,97	5,24 / 4,77	6,23 / 5,66	7,32 / 6,66	8,54 / 7,76
30	4,07 / 3,70	4,88 / 4,43	5,79 / 5,26	6,81 / 6,19	7,94 / 7,22
40	3,76 / 3,42	4,51 / 4,10	5,35 / 4,86	6,29 / 5,72	7,34 / 6,67
50	3,45 / 3,14	4,14 / 3,76	4,91 / 4,47	5,78 / 5,25	6,74 / 6,13
60	3,14 / 2,86	3,77 / 3,43	4,48 / 4,07	5,26 / 4,79	6,14 / 5,58
70	2,84 / 2,58	3,40 / 3,09	4,04 / 3,67	4,75 / 4,32	5,54 / 5,04
80	2,53 / 2,30	3,03 / 2,76	3,60 / 3,27	4,24 / 3,85	4,94 / 4,49

nach Literaturangabe beträchtlich. In vielen Lungenfunktionsmesssystemen werden Referenzangaben nach der Gleichung:

$$VC = \frac{\text{Größe}^3}{k} \cdot (1,03 - \frac{\text{Alter}-25}{100} \cdot 0,75) \text{ [Liter]}$$

berechnet. Die Grundlage dieser Berechnung sind die Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) (4) (Tab. 1 enthält die entsprechenden Absolutgrößen). Die Körpergröße wird in Meter, das Alter in Jahren angegeben. Für Männer gilt der Korrekturwert $k=1$, für Frauen $k=1,1$. Hiervon abweichend wurden in neuerer Zeit verschiedene Vorschläge zur Aktualisierung der genannten Normwerte veröffentlicht. Hier sollten vom interessierten Anwender vor allem die Angaben von *Quanjer et al.* (3) berücksichtigt werden. Für Kinder gelten weitere altersabhängige Korrekturen (4). Eine Verminderung um 20% vom Mittelwert der Referenzwerte oder um die zweifache Standardabweichung gilt als pathologisch.

Klinische und sportmed. Bedeutung

Die Ergebnisse der Bestimmung der VC sind sehr gut reproduzierbar und messtechnisch nur wenig störanfällig. Da zuverlässige Referenzwerte existieren, kann eine sichere Zuordnung bei pathologischen Zuständen erreicht werden. Hiermit können die mechanischen Eigenschaften der Atemorgane indirekt beurteilt werden. Die statische Spirometrie ist die Basis jeder Lungenfunktionsprüfung und somit eine grundlegende Diagnosetechnik der Inneren Medizin.

Eine Verringerung der Vitalkapazität entspricht einer Abnahme

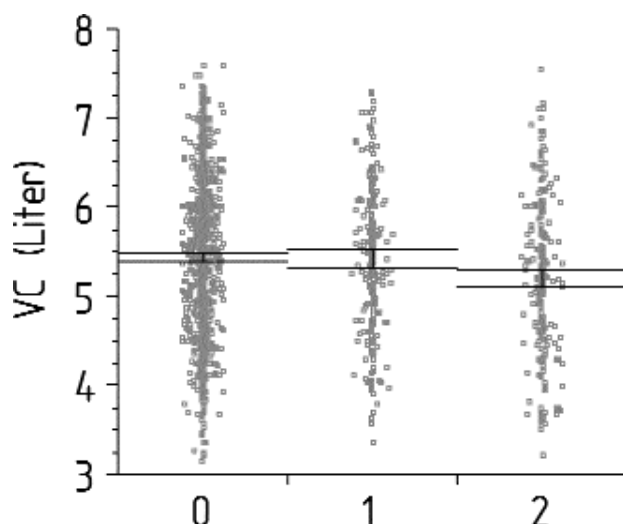


Abb. 2: Die Vitalkapazität in Kollektiven von Ausdauersportlern (0, n=1433), Spiel- und Schnellkraftsportlern (1, n=978), sowie Nichtsportlern (2, n=1222). Die Selektion der Probanden ist jeweils auf identisches Alter, Körperlänge und Körpergewicht adjustiert. Die waagerechten Linien zeigen das 95%-Konfidenzintervall an. Hiernach haben die Nichtsportler eine geringfügig, aber signifikant niedrigere VC als die Sportler.

des maximal belüftbaren Lungenanteils. Dies ist bei einer sogenannten restriktiven Lungenerkrankung der Fall. Die Grundlage für derartige Veränderungen sind in der Regel entweder eine verminderte Dehnbarkeit des Lungenparenchyms, Stenosen mit Atelektasen im Bronchialsystem oder extrapulmonale Veränderungen. Eine erhöhte, nicht mobilisierbare Luftmenge in der Lunge bewirkt ebenfalls eine Absenkung der gemessenen VC. Dies ist zum Beispiel bei Vorliegen eines Emphysems der Fall. Eine Differenzierung dieser beiden Möglichkeiten ist erst über eine gleichzeitige Bestimmung der funktionellen Residualkapazität (FRC) und der totalen Lungenkapazität (TLC) möglich. Bei einer restriktiven Lungenerkrankung wären neben der VC auch FRC und TLC erniedrigt. Die Spezifität einer Änderung der VC ist also nicht sehr hoch.

In der Sportmedizin kann die Bestimmung der VC als einfache Screeningmethode der Sporttauglichkeit und Sportbelastbarkeit verwendet werden. Bei einer pathologischen VC ist die Bescheinigung der Sporttauglichkeit und Zuweisung auf spezifische Sportarten immer erst nach Abklärung der jeweiligen Ursachen möglich.

Auch bei einer deutlichen Einschränkung der VC wie zum Beispiel nach Lungenteilresektion sind dennoch gute sportliche Leistungen möglich, da das Organ Lunge eine hohe funktionelle Reserve besitzt. Insofern ist es auch sehr fraglich, ob die Ausprägung der VC relevant für die Leistungsfähigkeit ist. Die Ausprägung der Vitalkapazität dürfte allenfalls bei Sportarten von Bedeutung sein, in denen eine Beeinträchtigung der freien Atmung vorliegt und somit das Speichervermögen der Lunge von größerer Wichtigkeit ist. So sahen *Baldwin et al.* eine höhere VC bei Schwimmern, Tauchern und Ruderern im Vergleich zu Marathonläufern oder Spisportlern (1). Eigene Untersuchungen bestätigen zwar einen signifikanten Unterschied zwischen Sporttreibenden und Nichtsportlern, jedoch ist die resultierende Differenz verschwindend gering (Abb. 2).

Praktische Schlussfolgerungen

Die Bestimmung der VC und der FVC ist methodisch einfach und dadurch verlässlich. Die klinische Aussagefähigkeit der VC ist allerdings begrenzt, da zur Differenzierung der häufigsten pathologischen Zustände immer auch eine Messung der dynamischen Lungenfunktion notwendig sein dürfte. In der Sportmedizin beschränkt sich die Messung der VC auf spezifische Sporttauglichkeitstests (z.B. Tauchen, Flossschwimmen) oder arbeitsmedizinische und sozialmedizinische Fragestellungen. Die Bedeutung der VC als leistungsbestimmender Faktor ist hingegen eher als gering einzuschätzen.

Literatur

- 1) *Baldwin EF, Cournand A, Richards DW:* Pulmonary insufficiency I. physiological classification, Clinical methods of analysis, standard values in normal subjects. *Medicine (Baltimore)* 27 (1948), 243.
- 2) *Hutchinson J:* On capacity of lungs and on respiratory functions view of establishing precise and easy method of detecting disease by spirometer. *Trans Med-Chir Soc Edinb* 29 (1846), 137.
- 3) *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. *Eur Respir J Suppl* 16 (1993) 5-40.
- 4) *Ulmer WT, Reichel G, Nolte D, Islam MS:* Die Lungenfunktion. Physiologie und Pathophysiologie, Methodik, Thieme Verlag, Stuttgart, 1991.

PD Dr. med. K. Röcker
Med. Klinik und Poliklinik, Universität, Abt. Sportmedizin,
Hölderlinstr. 11, 72074 Tübingen