

» Physiotherapie mit oszillierenden PEP-Systemen (RC-Cornet[®], VRP1[®]) bei COPD¹

U. H. Cegla

Pneumologie-Zentrum, Dernbach

Einleitung

Bei COPD stellt die physikalische Therapie eine wichtige Ergänzung zur medikamentösen Therapie dar.

Physiotherapeutische Maßnahmen sollen das Abhusten von Bronchialschleim verbessern und erleichtern und so die Dyspnoe senken und Infekten vorbeugen.

Techniken, die hierzu verwendet werden, sind das „Huffing“, das bewusste Husten, tiefes Einatmen, Lagerungen, Vibrationstechniken der Brustwand, „Abklopfen“ des Thorax sowie Benutzung spezieller Hilfsgeräte wie PEP-Maske bzw. oszillierender PEP-Systeme wie das RC-Cornet[®] oder das VRP1[®] (Flutter).

Weitere physiotherapeutische Maßnahmen haben zum Ziel, den Atemwegskollaps bzw. das „Air-trapping“ zu vermeiden; diese Techniken werden dann angewendet, wenn die COPD mit zunehmendem Lungenemphysem einhergeht.

In diesem Krankheitsstadium werden auch Techniken angewendet, die die Einatemmuskulatur in einem günstigeren Längen-Spannungs-Verhältnis arbeiten lassen und so die Dyspnoe senken.

Wirksame Techniken mit diesem Ziel sind muskuläre Entspannungübungen [1–3], sowie die Lippenbremse, die ja nichts anderes ist als ein expiratorisches PEP-System (positiver Expirationsdruck von etwa 5 cm Wassersäule), ist hier wirksam [4].

Gandevia konnte bei schwerem Lungenemphysem und tracheobronchialer Instabilität zeigen, dass das Expirationsvolumen bei entspannter Expiration und Lippenbremse um 20% zunimmt [5].

Tiep u. Mitarb. [6] halten aufgrund ihrer Untersuchungen die Lippenbremse bei schwerer COPD für effektiver als die Muskelentspannungsübungen.

Die Effektivität dieser Atemtechnik, die von den meisten Patienten spontan genutzt wird, ist unumstritten.

Eine direkte Mobilisierung des knöchernen Thorax durch physiotherapeutische bzw. chiropraktische Maßnahmen wäre theoretisch hilfreich, positive Effekte konnten bisher allerdings nur in einer unkontrollierten Studie gezeigt werden [7].

Weitere Techniken versuchen, die Kraft und die Ausdauer der Atemmuskulatur zu steigern (inspiratory muscle training) [8].

Entsprechend dem günstigeren Längen-Spannungs-Verhältnis erhöht sich die Kraft eines Muskels, wenn er bei dem gleichen neuronalen „Input“ bei einer größeren Länge arbeitet. Das Zwerchfell kann in diesem Sinne über verschiedene Wege „länger“ gemacht werden:

1. Über Kontraktionen der Bauchmuskeln während der Expiration.
2. Durch Einnahme von speziellen Körperpositionen (insbesondere durch das Nachvorneigen – „Kutschersitz“ – wodurch sich der intraabdominelle Druck erhöht).

Die Kraft und Ausdauer der Einatemmuskulatur lässt sich durch inspiratorische Muskeltrainer z. B. das Threshold[®] trainieren, wobei viele Studien gezeigt haben, dass hierdurch die inspiratorische Belastbarkeit und der maximale inspiratorische Druck erhöht werden können [9], was wiederum die Dyspnoe senkt.

Eine Kombination „verschiedener physiotherapeutischer“ Ansätze bieten oszillierende PEP-Systeme.

Oszillierende PEP-Systeme

Oszillierende PEP-Systeme erzeugen – wie der Name sagt – bei der Expiration einen positiven Ausatemdruck, der sich nach endobronchial fortsetzt; im Gegensatz zur PEP-Maske oder zur Lippenbremse ist dieser Druck nicht konstant, sondern oszilliert, was dazu führt, dass auch der Ausatemfluss nicht kontinuierlich, sondern unterbrochen ist, sogenanntes „stop-and-go-Phänomen“. Gleichzeitig wird zur Ausatmung Kraft benötigt, die beim Patienten zu einer Kontraktion der Bauchmuskulatur führt, so kommt es zu einer vermehrten Verspannung des Zwerchfells mit günstigerem Wirkungsgrad (siehe oben) und Dyspnoe-Senkung.

Derzeit sind am Markt 2 oszillierende PEP-Systeme verfügbar; beide entnehmen die Kraft für Oszillationen und Druckschwankungen der Ausatemenergie und arbeiten so ohne zusätzliche Energiequelle. Es handelt sich um kleine handliche Geräte, die der COPD-Patient mit sich führen kann (RC-Cornet®, VRP1® [Flutter]).

RC-Cornet®

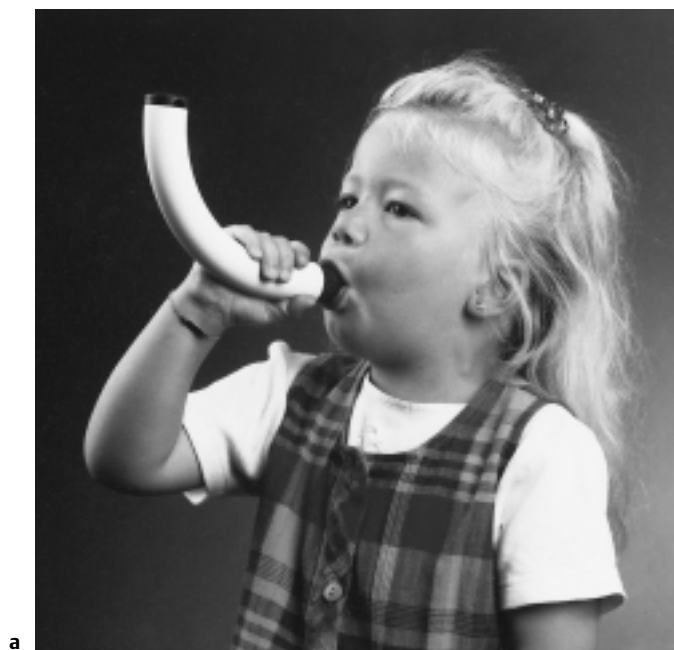
Das Gerät besteht aus einem Mundstück mit einer Mittelmarkierung und einem abgeplatteten Ventilschlauch sowie einer Röhre und einem „Schalldämpfer“ (Abb. 1a).

Die Röhre knickt den Ventilschlauch durch Biegung an einer speziellen Stelle ab. Beim Blasen in das RC-Cornet® und damit in den Ventilschlauch staut sich die Luft vor dem Knick im Ventilschlauch bis ein kritischer Druck erreicht ist, der den Schlauch kurz in der Röhre hochschleudert, die Luft freigibt und nachfolgend den Luftstrom wieder schließt (Abb. 1b).

Auf diese Weise entstehen Druckoszillationen, deren Amplitude und Frequenz von der Elastizität und den Abmessungen des Schlauches abhängen.

In der Ausgangsstellung entspricht der Knick im Schlauch des RC-Cornets® dem Durchmesser des Schlauches. Durch Drehen des Mundstücks, an dem der Schlauch befestigt ist, wird dieser torquiert. In der Röhre ist dann nicht mehr der Durchmesser abgelenkt, sondern eine Diagonale (siehe Abb. 1c).

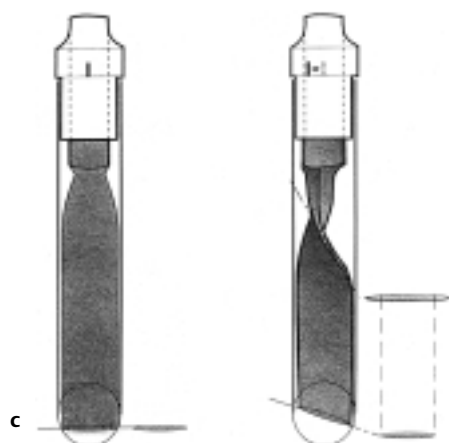
Auf diese Weise lassen sich beim RC-Cornet® die Druckhöhe und Druckamplitude durch Drehen des Mundstückes variieren. Durch Festhalten des Mundstückes und seitliches Verdrehen des Cornet-Krümmers kann der Patient die für ihn optimale „Schlauch-Position“ selbst herausfinden (siehe Abb. 2). Das Mundstück trägt eine Graduierung, so dass eine solche Einstellung vom Patienten sofort wiedergefunden werden kann.



a



Abb. 1 a-c
a Handhabung des RC-Cornets®.
b Schlauchbewegungen in Ausgangsposition des RC-Cornets®, dargestellt an einem durchsichtigen RC-Cornet®, durch das 2-Compartment-System fällt der Druck nie auf „Null“.
c Drehen des Mundstücks torquiert den Schlauch und ändert die Druck- und Flusscharakteristik.



c

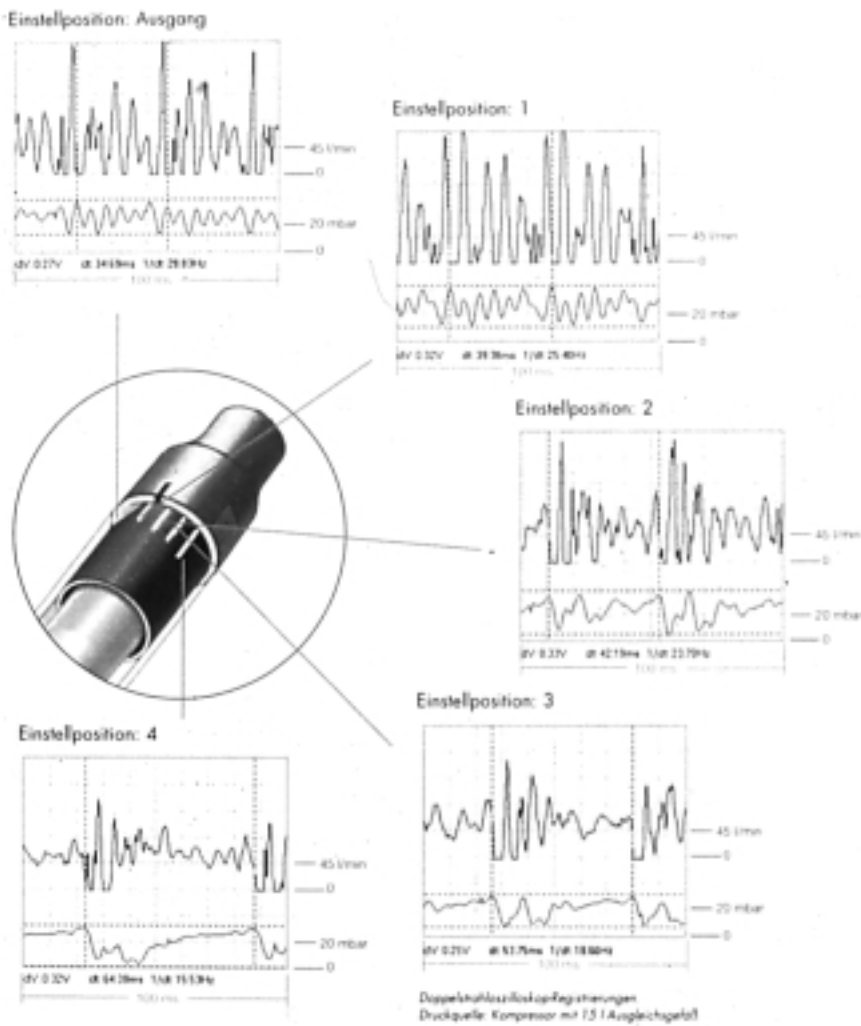


Abb. 2 Druckflussverhalten bei verschiedenen Positionen des RC-Cornet®; Druckquelle: Kompressor mit einem Fluss von 0,75 l/s.

Indikationen:

Beim Drehen des Mundstückes aus der Ausgangsposition zur Position 4 ändern sich Druck- und Flussverhalten des Cornets.
 Ausgangsposition bis Position 2 haben sich bei Patienten mit COPD, Emphysem, tracheobronchialer Instabilität und Raucherhusten bewährt.
 Position 3 und 4 mit den größten Druckschwankungen sind bei Mukoviszidose, Bronchiektasen und sehr zähem Sputum indiziert.

Die Druckerzeugung beim RC-Cornet® ist von der Schwerkraft unabhängig, da die Elastizität des medizinischen Schlauches und die Biegung der Röhre den Knickpunkt bestimmen, es kann somit in allen therapeutischen Positionen angewendet werden.

VRP1® (Flutter)

Das schon Anfang der 90er Jahre in die Physiotherapie eingeführte VRP1® ähnelt einer Trillerpfeife (siehe Abb. 3).

Bei der Expiration entsteht im Mundstück ein Druck gegen eine 28 g schwere Kugel aus rostfreiem Material, die in einem Trichter liegt. Während der Ausatmung steigt der Druck so stark an, dass die Kugel aus dem Kugelbett an der Trichterwand hochläuft, Luft entweicht und der Druck am Mundstück sinkt, was ein Zurückfallen der Kugel bewirkt und den Trichterkanal erneut verschließt.

- 1 = pfeifenartiges Stück
- 2 = Trichter
- 3 = Stahlkugel
- 4 = Gehäusedeckel

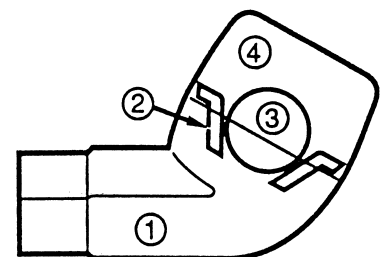


Abb. 3 Schemazeichnung des VRP1 (Flutter). Beim Blasen in das Mundstück wird die Kugel aus dem Trichter gedrückt, bei Neigung des Trichters ändern sich Rücklaufzeit (Frequenz), Druck- und Flussschwankungen.

Nachfolgend kommt es erneut zur Bewegung der Kugel und so zum Auftreten von Druck- und Flussschwankungen.

Die auftretenden Druck- und Flussschwankungen sind von der Neigung des Gerätes abhängig, da die Kugel durch die

Schwerkraft in den Trichter zurückgezogen wird. Je nach Neigung des Mundstücks sowie nach „Blasstärke“ variieren somit Druckschwankungen und Absolutdruck am Mund sowie Oszillationsfrequenz und der jeweilige Atemfluss.

Grundsätzliche Unterschiede zwischen den beiden Geräten:

1. Das RC-Cornet® ist im Gegensatz zum VRP1® von der Schwerkraft unabhängig und kann als oszillierendes PEP-System in jeder therapeutischen Stellung angewendet werden.
2. Beim RC-Cornet® geht die gesamte Ausatemluft durch den Schlauch und wird in Druck- und Flussschwankungen umgesetzt; während beim VRP1® bei Öffnung des Kugelventils ein Teil der Ausatemluft quasi im Bypass ohne Druck- und Flussschwankungen zu erzeugen, exspiriert wird.
3. Beim VRP1® entsteht eine Sinusschwingung mit einer vorgegebenen Frequenz bei entsprechender Haltung des Gerätes, während beim RC-Cornet® sich eine langsame Grundschwingung, die von der Abknickstelle des Schlauches abhängt und eine hohe Eigenfrequenz des Ventilschlauches (ca. 160 Hz) zu einem „Frequenzgemisch“ überlagern.

4. Je nach Einstellung des RC-Cornet® erhält man einen Dauer-PEP mit Druckschwankungen, die etwa 30 bis 50% des Maximaldruckes ausmachen (Ausgangsstellung und Position 1), während in der Position 4 – ähnlich wie beim VRP1® – der Druck zwischen Maximum und Null schwankt.

Wie die Abb. 4 zeigt, entsprechen zwar die Positionen 3 und 4 des RC-Cornets® in etwa den Druckschwankungen des VRP1®, aber die Druckkinetik ist eine andere: Beim VRP1® findet sich eine Sinusschwingung mit gleichmäßigem An- und Abschwellen des Druckes und entsprechenden Flussänderungen, während beim RC-Cornet® der Druck allmählich zum Maximalwert ansteigt und dann plötzlich abfällt, um dann erneut langsam wieder anzusteigen. Dieser torpide Druckanstieg ermöglicht eine Druckerhöhung – und damit eine therapeutische Wirksamkeit – auch in sehr engen Bronchialabschnitten mit großen Zeitkonstanten.

Der plötzliche Druckabfall beim RC-Cornet® ist von einem schnellen Luftstrom gefolgt.

Diese grundsätzlichen Unterschiede (Lageunabhängigkeit des Gerätes, komplette Umsetzung der gesamten Ausatmung in

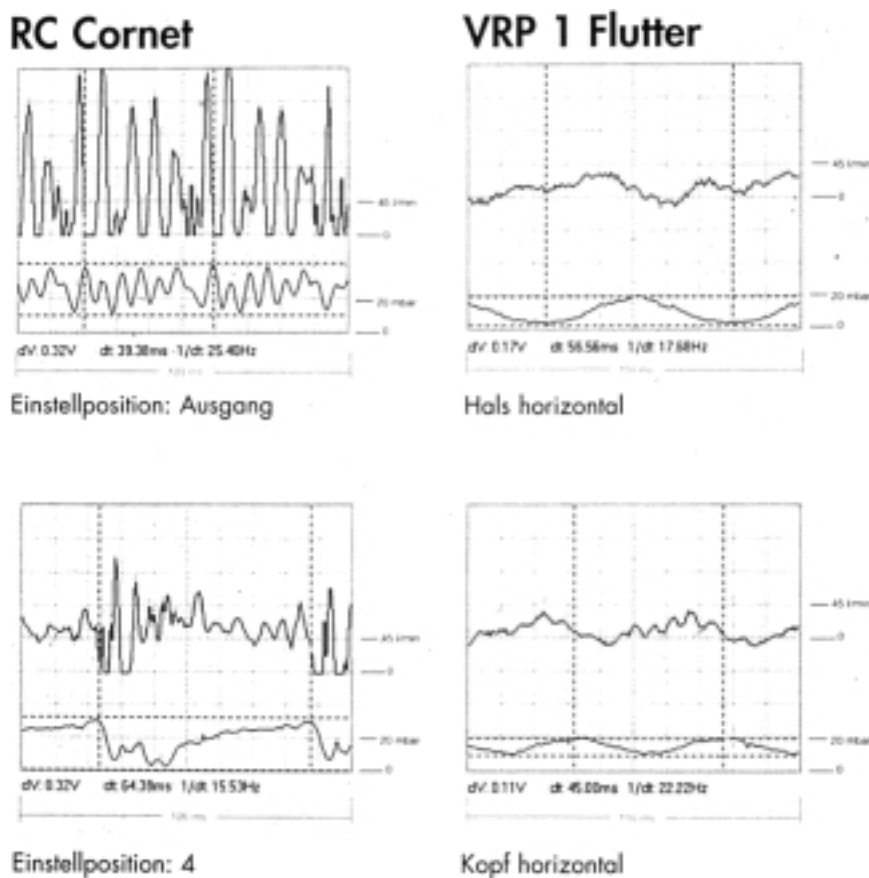


Abb. 4 Druck- und Flussverhalten von RC-Cornet® und VRP1® (Flutter). Druckquelle: Kompressor mit 45 l/min Fluss. Man beachte die monoforme Sinusschwingung des VRP1® mit relativ geringen Flussänderungen sowie die Frequenzüberlagerungen beim RC-Cornet® in der Ausgangsstellung und den rapiden Druckanstieg in Position 4 mit größeren Flussschwankungen.

Doppelstrahlzillooskop-Registrierungen.
Druckquelle: Kompressor mit 15 l Ausgleichsgefäß.

Druck und Fluss beim RC-Cornet® und die Flusskinetik spielen bei COPD-Patienten mit fast normaler FEV1 keine Rolle; hier sind beide Systeme gleich effektiv, diese Patienten haben genügend Ausatemluft, um den Bypass beim VRP1® zu kompensieren, solche Patienten müssen auch keine therapeutischen Positionen einnehmen, die Probleme mit der Schwerkraft bereiten.

Ab einer FEV1 von etwa 1,5 Litern und darunter ist allerdings das RC-Cornet® dem VRP1® durch die erhöhte Effektivität des Umsetzens der Expirationsluft in Schwingungen, die sofortige Einstellbarkeit der Druckkinetik sowie des geringeren Druckaufwands (Beginn der Oszillationen bei 8 cm H₂O) überlegen.

Zur klinischen Wirksamkeit oszillierender PEP-Systeme

Wir konnten schon 1993 in einer offenen Multizenterstudie bei Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenkrankheit die Wirksamkeit und „Verträglichkeit“ des VRP1® untersuchen und nachweisen, dass bei 3× täglicher Anwendung über 5 Minuten nach 14 Tagen die Vital- und Sekundenkapazität sowie der Peak-Flow sich signifikant gebessert hatten, außerdem kam es zu einer deutlichen Verbesserung des Auskultationsbefundes, die klinischen Symptome Husten, Auswurf, Atemnot sowie das subjektive Befinden und die Leistungsfähigkeit dieser Patienten zeigten sich ebenfalls positiv beeinflusst [10].

Ähnlich positive Effekte des VRP1® (Flutter) bei COPD wurden auch von anderen Autoren beschrieben; bei der Mukoviszidose fanden Konstan u. Mitarb. [11] eine fünffache Erhöhung der expektorierten Schleimmenge unter VRP1®-Therapie im Vergleich zu Husten oder einer Hängelage. Allerdings konnten andere Autoren solche Unterschiede bei Mukoviszidose nicht feststellen [12,13].

Dies erklärt sich durch unterschiedliche Stadien der Erkrankung und „Begleitumstände“ (Infekte, unterschiedlicher Obstruktionsgrad) der untersuchten Patienten.

McIlwaine u. Mitarb. [14] beschrieben signifikant bessere Verläufe und Effekte bei der Mukoviszidose mit einer PEP-Masken-Therapie im Vergleich zum VRP1® (Flutter). Also Überlegenheit eines konstanten PEP im Vergleich zu maximal oszillierendem PEP.

Auch wir untersuchten in einer randomisierten Prospektivstudie an 90 Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und tracheobronchialer Instabilität, inwieweit auch für diese Krankheitsgruppe ein Dauer-PEP-System mit geringeren Oszillationen effektiver ist als ein maximal oszillierendes PEP-System (siehe oben) [15].

Wir verglichen dazu das RC-Cornet® in der Ausgangsposition und das VRP1® (Flutter). In dieser Studie wurden an den Tagen 1, 4 und 7 eine bodyplethysmografische Untersuchung sowie eine Blutgasanalyse vor und nach Physiotherapie mit dem RC-Cornet® in der Ausgangsposition oder dem Flutter durchgeführt, die medikamentöse Therapie war in beiden Gruppen gleich.

In der RC-Cornet®-Gruppe fand sich am Tage 1 im Vergleich zur VRP1®-Gruppe eine signifikante Abnahme der Überblähung (Abnahme des Residualvolumens) mit $p < 0,0082$. Außerdem war in der RC-Cornet®-Gruppe die durch das oszillierende PEP-System entstandene Hyperventilation signifikant geringer als in der VRP1®-Gruppe ($p < 0,004$).

Auch in den mittels visueller Analogskalen ermittelten Symptome (Abnahme der Auswurfmenge, Leichtigkeit des Abhustens, Verbesserung des Befindens und in der allgemeinen Beurteilung der Behandlung mit dem Physiotherapiegerät) schnitt das RC-Cornet® im Vergleich zum Flutter signifikant besser ab.

Dass die Druckamplitude bei oszillierenden PEP-Systemen einen Einfluss auf die Änderung der Schleimviskosität hat, konnten Dasgupta u. Mitarb. [16] zeigen, die in vitro den Einfluss des RC-Cornet® in der Ausgangsstellung (also der Stellung mit PEP und kleinen Druckschwankung) mit denen des VRP1®, also einem Gerät mit maximalen Druckschwankungen untersuchten und dabei nach 30 Minuten feststellten, dass mit der VRP1®-Therapie die Spinnbarkeit des Sputums deutlicher reduziert wurde, als beim RC-Cornet® ($5,6 \pm 1,3$ mm gegenüber $9,7 \pm 1,1$ mm).

Bei einem In-vitro-Vergleich der Effektivität des RC-Cornet® in den Positionen 3 – 4 – den Positionen mit den maximalen Druckschwankungen – im Vergleich zum Flutter auf die Viskosität des Sputums von Bronchiektasen senkte bei gleicher Durchflussrate durch beide Geräte das RC-Cornet® die Viskosität mit einem $p = 0,006$ deutlicher als das VRP1® mit einem $p = 0,034$ [17].

Ähnlich positive rheologische Effekte haben auch Feng u. Mitarb. [18] beim RC-Cornet® in der Stellung 3 – 4 nachgewiesen. Diese Autoren fanden nach einer 15-minütigen Physiotherapie mit dem RC-Cornet® bei 50% der Bronchiektatiker eine Abnahme der Dyspnoe und eine signifikante Verbesserung der Lungenfunktionsparameter.

King u. Mitarb. [19] konnten in einer Kurzzeitstudie zeigen, dass auch in der Stellung 3 – 4 beim RC-Cornet®, also der Stellung mit großen Druckschwankungen, positive Effekte auf die Viskosität des Sputums bei COPD-Patienten ausgeübt werden; die Viskosität sank mit $p < 0,047$, außerdem gaben 2 der 10 untersuchten Patienten eine sofortige Besserung ihrer Dyspnoe an.

Die Stellung 3 und 4 mit den großen Druckschwankungen ist – wie oben gezeigt – bei COPD weniger effektiv, als die Ausgangsstellung des RC-Cornet® mit dem PEP und den geringen Druckschwankungen.

Wir haben in einer prospektiven, randomisierten Crossover-Studie an Patienten mit schwerer COPD mit check-valve in der Fluss-Volumen-Kurve und trapped air in der Bodyplethysmografie untersucht, inwieweit während einer Inhalation von Ipratropiumbromid der bronchodilatative Effekt durch oszillierende PEP-Ausatmung verstärkt werden kann [20].

Nach vorangegangener Broncholyse mit 2 Hub Salbutamol im Autohaler wurde die spezifische Conductance vor und nach

Inhalation von Ipratropiumbromid im Düsenvernebler „Pari-Boy“ bestimmt.

In der einen Gruppe war in den Expirationsschenkel des Verneblers ein RC-Cornet® in Ausgangsstellung geschaltet, dabei fand sich eine signifikante Verbesserung der spezifischen Conductance mit $p=0,000001$ in der RC-Cornet®-Gruppe im Vergleich zur alleinigen Inhalation.

Nachmessungen nach 2 Stunden haben ergeben, dass dieser Anstieg nicht nur durch eine bessere Deposition des Pharmakons, sondern durch einen zusätzlichen „physio“-therapeutischen Effekt bedingt ist [21].

Diskussion

Wie die obengenannten Untersuchungen gezeigt haben, ist die Physiotherapie mit oszillierenden PEP-Systemen bei der COPD, insbesondere wenn Instabilitäten des Bronchialsystems bestehen, wirksam.

Dies macht sich subjektiv in verminderter Dyspnoe, leichtem Abhusten und größerem Wohlbefinden bemerkbar, ist aber auch über Lungenfunktionsparameter zu objektivieren und durch rheologische Messungen der Sputumviskosität belegt.

App u. Mitarb. [22] erklären diese Effekte einmal über eine Relaxation der Bronchialmuskulatur und Entkrampfung der Atemwege sowie über eine Stimulation der Ciliarschlagfrequenz und Verbesserung der mukoziliären Clearance sowie über eine Reduktion der Viskoelastizität des Bronchialschleimes.

Unserer Meinung nach sind außerdem folgende Faktoren an den positiven Effekten beteiligt:

1. Druckbedingte Bronchialerweiterung mit Abscheren des Bronchialschleims von den Bronchialwänden.
2. Durch intermittierende Atemstrombeschleunigung („stop and go“) erleichtertes Abhusten.
3. Beim RC-Cornet® in der Ausgangsposition kommt es durch den dauernden positiven Druck mit nur geringen Schwankungen in Kompartimenten mit großen Zeitkonstanten über kollaterale Ventilation zur Entblähung bzw. in „mini“-dystelektatischen Bezirken zu Bronchialeröffnungen und damit zu einer vis à tergo, die den Schleim bewegt.
4. Die Expiration gegen einen Widerstand führt zur Kontraktion der Bauchmuskulatur, dies wölbt das Zwerchfell, verbessert das Längen-Spannungs-Verhältnis (siehe oben), senkt die Dyspnoe und erleichtert das Abhusten.
5. Vibrationen am Mund senken – wie Homma u. Mitarb. [23] gezeigt haben – die Dyspnoe.

Wie die Ausführungen gezeigt haben, bestehen nicht nur Unterschiede zwischen konstantem PEP (z.B. PEP-Maske) und oszillierenden PEP-Systemen bezogen auf die Effektivität bei unterschiedlichen pneumologischen Krankheitsbildern, sondern auch zwischen den beiden oszillierenden PEP-Systemen (RC-Cornet® und VRP1® Flutter) (siehe oben).

Dies verwundert nicht, da der „physiotherapeutische“ Effekt nicht über „Geräte“, sondern durch sie hervorgerufene physikalische Effekte (Druck- und Flussschwankungen) bedingt ist.

Mit den zur Verfügung stehenden oszillierenden PEP-Systemen ist bei klaren Vorstellungen über die pathophysiologischen Veränderungen eine „differenzierte“ Physiotherapie möglich.

Die Therapie mit oszillierenden PEP-Systemen stellt bei fortgeschrittener COPD sowohl als Ergänzung zur medikamentösen Therapie als auch bei der Inhalationstherapie, wegen der allgemeinen Verfügbarkeit, Mitführbarkeit und des geringen Preises ein wertvolles therapeutisches „Bein“ dar.

Zusammenfassung

Oszillierende PEP-Systeme kombinieren verschiedenste physiotherapeutische Ansätze miteinander.

Anhand der unterschiedlichen physikalischen Prinzipien des RC-Cornet® und des VRP1® wird der differenzierte Einsatz dieser Systeme aufgrund der unterschiedlichen Druck- und Flusskinetiken bei COPD, Bronchiektasen, Mukoviszidose besprochen und durch klinische und In-vitro-Untersuchungen belegt.

Dabei bietet das RC-Cornet® die Möglichkeit, von einem Dauer-PEP mit sehr geringen Druckschwankungen durch Drehen des Mundstückes auf maximale Druckschwankungen, wie sie beim VRP1® vorkommen, zu wechseln.

Nennenswerte Unterschiede zwischen den beiden oszillierenden PEP-Systemen finden sich bei COPD ab einer Sekundenkapazität von unter 1,5 l/s.

Literatur

- 1 Jacobson E. Progressive relaxation. Second ed. Chicago: University of Chicago Press, 1938
- 2 Alexander AB, Miklich DR, Hershkoff H. The immediate effects of systematic relaxation training on peak expiratory flow rates in asthmatic children. *Psychosom Med* 1972; 34: 388–394
- 3 Renfroe KL. Effect of progressive relaxation on dyspnea and state of anxiety in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart Lung* 1988; 17: 408–413
- 4 van der Schans CP, De Jong W, Kort E et al. Mouth pressures during pursed lips breathing. *Physioth Theory and Pract* 1995; 11: 29–34
- 5 Gandevia B. The spirogram of gross expiratory tracheobronchial collapse in emphysema. *Quart J Med* 1963; 32: 23–31
- 6 Tjep BL, Burns M, Kao D, Madison R, Herrera J. Pursed lips breathing training using ear oximetry. *Chest* 1998; 90: 218–221
- 7 Vibek P. Chest mobilization and respiratory function. In: Pryor JA, ed. *Respiratory Care, Vol. 7, of International perspective on physical therapy*. Edinb./London: Churchill Livingstone, 1991
- 8 Belman MJ, Shadmehr R. Targeted resistive ventilatory muscle training in chronic pulmonary disease. *J Appl Physiol* 1988; 65: 2726–2735
- 9 Preusser BA, Winningham ML, Clanton TL. High versus low intensity inspiratory muscle interval training in patients with COPD. *Chest* 1994; 106: 110–117
- 10 Cegla UH, Retzow A. Physiotherapie mit dem VRP1 bei chronisch obstruktiven Atemwegserkrankungen – Ergebnisse einer Multizenterstudie. *Pneumologie* 47; 1993: 636–639
- 11 Konstan MW, Stern RC, Doershuk CF. Efficacy of the Flutter device for airway mucus clearance in patients with cystic fibrosis. *J Pediatr* 1994; 124: 689–693

- ¹² Pryor JA, Webber BA, Hodson ME, Warner JO. The Flutter VRP1 as an adjunct to chest physiotherapy in cystic fibrosis. *Respir Med* 1994; 88: 672–681
- ¹³ App EM, Kieselmann R, Reinhardt D et al. Sputum rheology changes in cystic fibrosis lung disease following two different types of physiotherapy: flutter vs autogenic drainage. *Chest* 1998; 114: 171–177
- ¹⁴ McIlwaine PM, Wong LTK, Peacock D, Davidson AGF. "Flutter versus PEP": A long-term comparative trial of positive expiratory pressure (PEP) versus oscillating positive expiratory pressure (Flutter) physiotherapy techniques. *Pediatric Pul* 1995; Suppl 12 abstr: 268
- ¹⁵ Cegla UH, Bautz M, Fröde G, Werner T. Physiotherapie bei Patienten mit COPD und tracheobronchialer Instabilität – Vergleich zweier oszillierender PEP-Systeme (RC-Cornet, VRP1-Desitin). *Pneumologie* 51; 1997: 129–136
- ¹⁶ Daspupta B, Nakamura S, App EM, King M. Comparative evaluation of the Flutter and the Cornet in improving the cohesiveness of cystic fibrosis sputum. 11. Annual North American Cystic Fibrosis Conference, Nashville, Tennessee, 23.–26. Octobre. *Proceedings Pediatr Pulmonol Suppl* 1977; 14: A341
- ¹⁷ Nakamura S, Mikami M, Kawakomi M, Sudo E, App EM. Comparative Evaluation of the Cornet and the Flutter in improving the cohesiveness of sputum from patients with bronchiectasis. Geneva: Abstract ERS 19. – 23. 09. 1998
- ¹⁸ Feng W, Deng WW, Huang SG, Cheng QJ, Cegla UH, King M. Short-term efficacy of RC-Cornet in improving pulmonary function and decreasing cohesiveness of sputum in bronchiectasis patients – Poster presentations. *Chest* 1998; 225: 320
- ¹⁹ King M, Feng W, Deng WW, Huang SG, Cheng QJ, Cegla UH. Short-term efficacy of RC-Cornet in decreasing cohesiveness of sputum in COPD-patients. *Chest* 1998; 318
- ²⁰ Cegla UH, Harten A. RC-Cornet® verstärkt die Bronchospasmodolyse von Ipratropiumbromid bei COPD. *Pneumologie* 2000; V78: 22
- ²¹ Cegla UH. Effects of salbutamol, ipratropiumbromide and additive physiotherapy with the RC-Cornet® on airway conductance in COPD-patients. *ATS-Meeting Toronto* 5.–10. 5. 2000. *Am J Respir Crit Care Med Suppl* 2000; C32–C29
- ²² App EM, Wunderlich MO, Lohse P, King M, Matthys H. Oszillierende Physiotherapie bei Bronchialerkrankungen – rheologischer und antientzündlicher Effekt. *Pneumologie* 1999; 53: 1–12
- ²³ Homma J, Kanamaru A, Sibya M. Proprioceptive chest wall afferents and the effects on respiratory sensation. In: von Euler C, Katz-Salamon M (eds.). *Respiratory Psychophysiology*. The Wenner-Gren Center, 1988: 161–166

Prof. Dr. med. U. H. Cegla
Pneumologie-Zentrum
56428 Dernbach