

Atemtherapie mit Ez-PAP zur Behandlung der dynamischen Überblähung bei Patienten mit schwerer COPD und Lungenemphysem

Respiratory Therapy with Ez-PAP for Treatment of Dynamic Hyperinflation in Patients with Severe COPD and Emphysema

Autoren

G. Iberl¹, F. Bornitz¹, M. Schellenberg¹, M. Wiebel¹, F. J.F. Herth^{1,2}, M. Kreuter^{1,2}

Institute

¹ Pneumologie und Beatmungsmedizin, Thoraxklinik, Universitätsklinikum Heidelberg

² Zentrum für Translationale Lungenforschung Heidelberg (TLRC), Mitglied des Deutschen Zentrums für Lungenforschung (DZL)

eingereicht 22.2.2014
akzeptiert nach Revision
20.6.2014

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1377483>
Pneumologie 2014; 68: 604–612
© Georg Thieme Verlag KG
Stuttgart · New York
ISSN 0934-8387

Korrespondenzadresse

Gabriele Iberl
Atemtherapeutin DGP
Pneumologie und
Beatmungsmedizin
Thoraxklinik,
Universitätsklinikum Heidelberg
Amalienstr. 5
69126 Heidelberg
gabriele.iberl@med.uni-
heidelberg.de

Zusammenfassung

Hintergrund: Die nichtmedikamentöse physiotherapeutische Atemtherapie gewinnt bei der schweren chronisch obstruktiven Lungenerkrankung und Lungenemphysem (COPD) zunehmend Relevanz. Ez-PAP, ein Compact-CPAP bzw. Flow-PEP-System, leistet neben dem PEP-Effekt in der Expiration Inspirationshilfe durch den Coanda-Effekt.

Methode und Patienten: 30 Patienten mit schwerer COPD und Lungenemphysem mit hyperkapnischer ventilatorischer Insuffizienz wurden unter nicht- (NIV) (n=28) und invasiver Beatmung (n=2), im beatmungsfreien Intervall mit Ez-PAP behandelt und retrospektiv analysiert. Ausgewertet wurden – soweit vorliegend – klinische Verläufe wie Beatmungszeit und -abhängigkeit, Angaben zur Dyspnoe (visuelle CR-10-BORG-Skala) Ergebnisse des 6-Minutengehtests (6-MWT), lungenfunktionelle Daten und Aufzeichnungen transkutaneer CO₂-Messungen (tcpCO₂).

Ergebnisse: Es wurde eine Verlängerung der beatmungsfreien Zeiten bei beatmungsabhängigen Patienten (n=9) erreicht, ein medianer Abfall des Dyspnoeempfindens um 3,3 Punkte (n=10) und ein medianer Anstieg der Belastbarkeit um 50,4 m im 6MWT (n=5). Lungenfunktionell fand sich im Median eine Steigerung der Vitalkapazität um 544 ml (n=5). Die Kombination mit manueller Entblähungstechnik führte zu einem Abfall des tcpCO₂ um 7,3 mmHg (n=6).

Schlussfolgerung: Die Therapie mit Ez-PAP scheint die dynamische Überblähung bei der schweren COPD zu reduzieren, die Atmung zu ökonomisieren und die Atempumpe teilweise zu entlasten. Prospektive Untersuchungen dieser vielversprechenden Methode sind dringend erforderlich.

Abstract

Background: Non-pharmacological respiratory physiotherapy in treatment of COPD with severe emphysema is achieving increasing importance. Ez-PAP, a compact CPAP- or flow-PEP system, supports inspiration by using the Coanda effect in addition to a PE(E)P-effect during expiration.

Methods and Patients: 30 patients with severe COPD and emphysema and hypercapnic respiratory failure under non-(NIV) (n=28) and invasive ventilation (n=2) were treated in ventilator-free intervals with Ez-PAP and analyzed retrospectively. Clinical courses such as ventilator-dependency, dyspnea by visual CR-10 Borg scale, results of six-minute walk tests (6MWT), lung function tests and recordings of transcutaneous CO₂ measurements were evaluated where possible.

Results: Analyzed patients showed less ventilator dependency (n=9), reported a median decrease of shortness of breath by 3,3 points (n=10) and improved by 50,4 m in the 6MWT (n=5). A median increase of vital capacity by 544 ml (n=5) was shown by spirometry. Combined with manual techniques for reducing air-trapping, treatment success was documented by a median reduction of pCO₂ by 7,3 mmHg (n=6) using transcutaneous pCO₂ measurement.

Conclusion: Ez-PAP is a simple mechanical method to reduce dynamic hyperinflation in severe COPD, thus achieving relief of respiratory muscles and more effective breathing. Prospective studies of this promising method are urgently required.

Einleitung

▼
Dyspnoe ist eines der Leitsymptome der schweren chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD), welches die Aktivitäten der Betroffenen deutlich einschränkt. Teilweise bereits in Ruhe, aber vorwiegend unter zumeist schon geringer Belastung, kommt es bei der schweren COPD mit Emphysem durch die gesteigerte Atemfrequenz, den dabei oft aggravierten expiratorischen Atemwegskollaps und eine zunehmende Obstruktion zur dynamischen Überblähung [1,2]. Zusammen mit dem Verlust von Gasaustauschfläche, einer unvollständigen Expiration mit Anstieg des intrinsischen positiven endexpiratorischen Drucks (iPEEP) und einem Zwerchfelltieftand mit eingeschränkter Inspirationskapazität führen diese Veränderungen zu zunehmender Dyspnoe und Hypoxie sowie im Endstadium der Krankheit zum Atempumpenversagen mit konsekutiver Hyperkapnie [3]. Diese schwerstkranken Patienten stehen unter einem großen Leidensdruck, da die progrediente Dyspnoe nicht immer ausreichend zu behandeln ist. Zudem kommen andere, zumeist invasive Interventionen wie die endoskopische Lungenvolumenreduktion und auch die Lungentransplantation nur für relativ wenige, sorgfältig evaluierte Patienten in Frage [4,5].

Große randomisierte kontrollierte Studien zum Stellenwert der Atemphysiotherapie in der Behandlung der COPD fehlen bislang [6]. Bei den vorliegenden Studien wurden meist unterschiedliche Interventionen wie z.B. konventionelle Atemphysiotherapie, Brustkorbmobilisation, intrapulmonale Perkussion, Therapie mit PEP-Geräten etc. bei heterogenen Patientenkollektiven durchgeführt, die vor allem der Beurteilung des Stellenwerts der Sekretelimination dienen [7]. Allerdings ist der Einsatz der Lippenbremse und von mechanischen Hilfsmitteln mit expiratorisch wirksamen Stenosen (PEP-positive expiratory pressure) zur Atemkontrolle und Vermeidung von Atemnot seit langem klinisch etabliert [8]. Als Wirkmechanismus wird einerseits die Vermeidung des expiratorischen Kollapses durch eine intrabronchiale Druckerhöhung entsprechend einer Verschiebung des Equal Pressure Points (EPP) nach proximal [9], andererseits eine verbesserte Entlüftung über die kollaterale Ventilation diskutiert, die auch zu einer verbesserten Sekretelimination führt [10,11]. Ez-PAP®, ein Flow-PEP-Gerät, wurde als Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)-Kompaktsystem [12] ähnlich dem Boussignac CPAP-System [13] entwickelt und bislang vor allem zur Therapie postoperativer Hypoxämien und zur Prophylaxe und Behandlung von Atelektasen eingesetzt.

Die Anwendung, die über Mundstück, Maske oder Trachealkanüle möglich ist, bedarf eines Gasflusses (Sauerstoff bzw. Druckluft, 5–15 l/min) und eines Manometers zur Adjustierung des vom Flow abhängigen positiven endexpiratorischen Drucks (PEEP). Dieser wird durch einen Coanda-Effekt erzeugt, ähnlich dem Prinzip von Bernouilli, das die Beziehung zwischen der Strömungsgeschwindigkeit von Fluiden bzw. Gasen und deren Druck beschreibt, wobei die Summe derselben konstant bleibt. Bei Ez-PAP werden die eingesetzten Gase beim Strömen entlang der konvexen Oberfläche des Geräts beschleunigt. Nach Herstellerangabe bewirkt dies einen annähernd 4-fachen Zustrom von Raumluft, wodurch die inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO_2) in Abhängigkeit von der Atemtiefe des Patienten relativ konstant bei 35 bis 42% bleibt [12].

Der Einsatz von Ez-PAP bei COPD-Patienten mit ventilatorischem Versagen erfolgt hierbei nicht zum Zweck einer passiven CPAP-Therapie, sondern als optimierte atemtherapeutische Option zu nichtoszillierenden PEP-Ventilen. Ez-PAP leistet der überblähten

Lunge, bei der dadurch eine geringe Compliance vorliegt, Inspirationsunterstützung durch den Coanda-Effekt [12]. Die Expiration wird gegen den kontinuierlichen Gasfluss ausgeführt und erzielt einen PE(E)P-Effekt [Positive (End) Expiratory Pressure], der dem Bronchialkollaps entgegenwirkt und eine vollständigere Ausatmung bei deutlich verlängerter Expirationszeit ermöglicht.

Der nachfolgende Beitrag beschreibt eine retrospektive Analyse atemtherapeutischer Maßnahmen mit Ez-PAP, um die Therapieeffekte und Einsatzmöglichkeiten bei Patienten mit schwerer COPD und Lungenemphysem zu analysieren.

Patienten und Methode

▼ Patienten

In die retrospektive Analyse wurden 30 Patienten mit COPD Grad D nach GOLD 2013 bzw. lungenfunktioneller Obstruktion im Schweregrad IV nach GOLD 2007 eingeschlossen. Die Patienten befanden sich im Zeitraum von Juli 2011 bis Dezember 2011 stationär auf der pneumologischen Wach- und Weaningstation der Thoraxklinik, Universitätsklinikum Heidelberg. Es handelte sich um 20 Männer und 10 Frauen im medianen Alter von 61,5 Jahren.

Im Median fand sich in der Spirometrie bei 24 der 30 Patienten eine mediane Vitalkapazität (VC) von 1,5 l (43,5%), eine mediane Einsekundenkapazität (FEV_1) von 0,57 l (20,8%) und ein medianer Tiffeneau-Index (Verhältnis VC/FEV_1) von 42,2%. Bei 21 der Patienten lagen bodyplethysmografische Daten vor, die im Median ein Residualvolumen (RV) von 6,74 l (313,5%), eine totale Lungkapazität (TLC) von 8,6 l (148,3%) und ein Verhältnis RV zur TLC von 80,6% aufwiesen. Von 6 Patienten lagen keine spirometrischen und bei 9 keine bodyplethysmografischen Daten vor. Die Bodyplethysmografie wurde nicht durchgeführt aufgrund von Immobilität im Weaning (n=2), starker Dyspnoe (n=3), Versterbens der Patienten im Verlauf (n=3), anderen Ursachen (n=1). Die Raucheranamnese zeigte Ex-Raucher (n=24), aktive Raucher (n=5) mit einem gesamten medianen Nikotinabusus von 57,8 packyears, und 1 Nieraucher.

Alle Patienten wurden nichtinvasiv (n=28) oder invasiv (n=2) beatmet. Indikationen für die Beatmungstherapie waren chronisches ventilatorisches Versagen im Weaning (n=5), die Einleitung einer nichtinvasiven Beatmungstherapie (NIV) bei akutem ventilatorischen Versagen (n=8), die Evaluation weiterer Therapieoptionen bei schwerem Lungenemphysem (n=2), akute COPD-Exazerbationen bei vorbestehender NIV (n=6), und Beatmungskontrollen unter NIV (n=9) (► **Tab. 1**). Alle Patienten befanden sich unter Langzeitsauerstofftherapie (LTOT) mit einem medianen Fluss von 2,5 l/min (Intervall 1–6 l/min). Die medikamentöse Therapie umfasste eine inhalative antiobstruktive Therapie (langwirksame Betamimetika und Muscarinantagonisten) bei allen Patienten (n=30) mit zusätzlichen inhalativen Steroiden (n=25). Opiate kamen zur Coupierung der Dyspnoe bei 17 Patienten bedarfsorientiert, sowie dauerhaft bei 13 Patienten, eine Therapie mit systemischen Glucocorticoiden bei 13 Patienten zum Einsatz (► **Tab. 2**). Indikation zur Ez-PAP-Therapie war die Optimierung einer nichtoszillierenden intermittierenden PEP-Therapie mit Inspirationshilfe zur Behandlung der dynamischen Überblähung im beatmungsfreien Intervall. Die Patienten wurden von einer Atmungstherapeutin individuell betreut.

Patientencharakteristika	
Diagnose: COPD D/COPD IV°	n = 30
medianes Alter (Intervall)	61,5 Jahre (40 – 75)
Geschlecht	66 % männlich, 33 % weiblich
Lungenfunktion:	
Spirometrie (n = 24), Bodyplethysmografie (n = 21) keine Daten (n = 6)	
<i>Spirometrie</i>	n = 24
mediane Vitalkapazität [VC]	1,5 l (Intervall: 0,6 – 3,5)
%Soll	43,5 % (Intervall: 18,2 – 84)
mediane Einsekundenkapazität [FEV1]	0,57 l (Intervall: 0,35 – 0,82)
%Soll	20,8 % (Intervall: 12,9 – 29,2)
mediane VC/FEV1	42,2 % (Intervall: 16,3 – 56,7)
<i>Bodyplethysmografie</i>	n = 21
medianes Residualvolumen	6,74 l (Intervall: 4,53 – 8,9)
%Soll	313,5 % (Intervall: 246,9 – 389)
mediane totale Lungenkapazität	8,6 l (Intervall: 6,47 – 10,6)
%Soll	148,3 % (Intervall: 114 – 175,3)
Verhältnis Residualvolumen zu totaler Lungenkapazität [RV/TLC]	80,6 % (Intervall: 70,1 – 89)
Raucheranamnese	
n = 30	
Nieraucher	n = 1
Ex-Raucher	n = 24
aktive Raucher	n = 5
mediane pack years	57,8 Jahre (n = 18)
Indikation zur stationären Aufnahme	
n = 30	
Weaning	n = 5
akute Einleitung einer nichtinvasiven Beatmung (NIV)	n = 8
Einleitung einer NIV bei chronischer ventilatorischer Insuffizienz, Evaluation weiterer Therapieoptionen	n = 2
akute COPD Exazerbation/Pneumonie bei bestehender NIV	n = 6
Beatmungskontrolle unter NIV	n = 9

Tab. 1 Patientencharakteristika.

COPD-Therapie	n
nichtmedikamentöse Therapie	30
Beatmung	30
nicht-invasiv	28 (93,3 %)
invasiv	2 (6,6 %)
Langzeit-Sauerstofftherapie (LTOT)	30
medianer Fluss 2,5 l (Intervall: 1 – 6)	
Physiotherapie ¹	21
Atemtherapie mit Ez-PAP	30
medikamentöse Therapie	30
antiobstruktive/antientzündliche Therapie	30
handheld devices	26
LAMA ²	25
LABA ³	26
ICS ⁴	25
SABA ⁵	2
SABA/SAMA ⁶	14
Feuchtinhalation	14
Sole-Inhalation (0,9 – 6 % NaCl)	14
SABA/SAMA	6
ICS	1
systemische Therapie	
Theophyllin	1
Roflumilast	1
Kortikosteroide (Prednisolon 2,5 – 15 mg)	13
Opiate (Morphinsulfat, Fentanyl) intermittierend	18
Opiate (Morphinsulfat, Fentanyl) dauerhaft	13

Tab. 2 Medikamentöse und nichtmedikamentöse Therapie.

¹ Physiotherapie: Mobilisation, Gerätetraining, Atemtherapie mit/ohne Hilfsmittel² LAMA = long acting muscarinic antagonist (Anticholinergikum, langwirksam)³ LABA = long acting beta agonist (Beta-2-Sympathomimetikum, langwirksam)⁴ ICS = inhaled corticosteroids (inhalative Steroide)⁵ SABA = short acting beta agonist (Beta-2-Sympathomimetikum, kurzwirksam)⁶ SABA/SAMA = short acting beta agonist (Beta-2-Sympathomimetikum, kurzwirksam)/short acting muscarinic antagonist (Anticholinergikum, kurzwirksam)



Abb. 1 Ez-PAP (Fa. Smiths Medical, Grasbrunn, Deutschland), Gerät mit Mundstück, Anschluss für Gaszufuhr (Luft/Sauerstoff), Anschluss für Messung des Atemwegsdrucks (optional).

Methode

Ez-PAP

Die Patienten wurden darin geschult, in den beatmungsfreien Zeiten für 3–5 Minuten tief über Ez-PAP®, (Smiths Medical) (☛ **Abb. 1**) bei einem Gasfluss von 6–8 l O₂ ein- und so lange wie möglich konstant auszuatmen. Die Messung der in- und expiratorischen Druckverhältnisse erfolgte mit einem Druckmessgerät (Kolbenmanometer). Hierbei wurde individuell eine maximale Expirationszeit etabliert unter Vermeidung eines bronchialen Kollapses. Die Methode wurde nicht-invasiv über das Mundstück (n=28) (☛ **Abb. 2a**) und/oder eine unfixierte Maske (n=8) (☛ **Abb. 2b**), sowie auch invasiv mit Filter versehen (Barr-vent-S®, Medisize) über eine geblockte Trachealkanüle angewandt (n=2) (☛ **Abb. 3**).

Die Expiration wurde nach Ersteinweisung in die Therapie und in Phasen erhöhter Dyspnoe, z.B. nach körperlicher Belastung oder direkt nach Beatmungsende, atemphysiotherapeutisch manuell – dorsokaudal am Thorax und/oder dorsokraniel am Abdomen – unterstützt [14]. Die Patienten führten die Therapie nach umfassender Schulung selbstständig und teilweise mit Unterstützung von Angehörigen durch.

Bei 16 Patienten ohne oder nur mit sehr kurzen Beatmungspausen von einigen Minuten wurde die Therapie wie folgt vorbereitet und durchgeführt:

- ▶ 3 Hub Berodual über Spacer
- ▶ 5 mg Morphin subkutan
- ▶ Einstellung der eingestellten Backup Frequenz auf 0–8 Atemzüge/min
- ▶ Erhöhung des Inspirationsdrucks um 3 mbar und Anleitung zur Lippenbremse unter Fullface-Maske oder gezielt langer Ausatmung über die Trachealkanüle
- ▶ Präoxygenierung mit 10 l Sauerstoff über 3 Minuten
- ▶ Beatmungsstopp
- ▶ Additive Behandlung mit Ez-PAP sofort im Anschluss über Maske, Mundstück oder Trachealkanüle
- ▶ Fortführung der Beatmung bei Hypoxie und Sauerstoffsättigung (SO₂) ≤ 83% (pulsoxymetrisch gemessen)

Die Anwendungen fanden unter Monitoring von EKG, Sauerstoffsättigung und nichtinvasiver Blutdruckmessung statt.



Abb. 2 a Therapie mit Ez-PAP über Mundstück. b PEP-Husten mit Ez-PAP und Maske zur tracheobronchialen Stabilisation.



Abb. 3 Selbständige Therapie mit Ez-PAP über Trachealkanüle zu Entblähung und Sekretmanagement.

Bestimmung von Outcome-Parametern

30 COPD Patienten erhielten eine Atemtherapie mit Ez-PAP. Aufgrund von Beatmungsabhängigkeit und geringer Belastbarkeit konnten in diesem retrospektiven Ansatz nicht bei allen Patienten alle Outcome-Parameter bestimmt werden.

Die erhobenen Parameter unter Ez-PAP sind mit Angabe der jeweiligen Patientenzahl ausführlich in **Tab. 3** dargestellt:

Tab. 3 Bestimmung von Outcome-Parametern.

Dyspnoempfinden mittels CR-10-BORG-Skala vor wie nach der Therapie (n = 10)
Änderung der Sauerstoffsättigung während und nach der Therapie (n = 30)
Veränderung der beatmungsfreien Zeiten (n = 9)
Veränderung des Kohlendioxid-Partialdrucks (tcpCO ₂) während Ez-PAP-Therapie bei Patienten mit akuter COPD Exazerbation (n = 6) ¹
Einfluss auf die subjektive Maskentoleranz und Beatmungsqualität durch begleitende Ez-PAP-Therapie während der Beatmungseinleitung ² mit mobilen Respiratoren (n = 10) ³
Einfluss auf die Sekretelimination bei Sekretretention und tracheo-bronchialer Instabilität (n = 10) ⁴
Einfluss auf die Lungenfunktion, im Vergleich vor zu nach der Therapie (n = 5) ⁵
Änderung der Gehstrecke im 6MWT ⁶ mit und ohne Ez-PAP als Hilfsmittel beim Gehen (n = 5)
Therapieadhärenz nach 6 Monaten (n = 27) ⁷

¹ transkutane CO₂-Messung (TOSCA 500, Radiometer Kopenhagen) im Rahmen der Beatmungsüberwachung; Durchführung der Ez-PAP-Therapie in Kombination mit manueller Entblähungstechnik

² Unterbrechung der Beatmung bei Frequenz ≥ 20 , Tidalvolumen ≤ 500 ml und mangelnder Synchronisierung \rightarrow Ez-PAP-Therapie \rightarrow Wiederaufnahme der Beatmung

³ ResMed: Stellar 100

⁴ vorab antiobstruktive und sekretolytische Inhalationstherapie, Anwendung von Ez-PAP in Verbindung mit Thoraxkompression und Vibrationen zu Sekretmobilisation und Sekrettransport [15], Huffing gegen den expiratorischen Widerstand zur Sekretelimination (Abb. 2b, Abb. 3).

⁵ Messung der FEV₁ und VC mit dem Handspirometer (SpiroPro, Fa. Jaeger)

⁶ 6-Minuten-Gehtest

⁷ ausführliche Schulung der Patienten (n = 27), Angehörigen und/oder des außerklinischen Pflegepersonals

Ergebnisse

Ez-PAP – CPAP Kompakt-Gerät: Anwendung und Druckverhältnisse

Es entstanden bei der kurzzeitigen, aktiven Atemtherapie mit Ez-PAP keine kontinuierlichen positiven Druckverhältnisse in der In- und Expiration. Druckmessungen mit dem Manometer zeigten bei der hier beschriebenen Art der Anwendung, dass bei tiefer Einatmung am Anfang der Inspiration noch negative – gegen Ende der Inspiration geringfügig positive Drücke von 1 bis 2 mbar entstehen und sich in der Expiration ein konstanter positiver endexpiratorischer Druck von 8 bis 10 mbar, abhängig von Gasfluss und Expirationskraft des Patienten und maximal 18 mbar unter therapeutischer manueller Expirationsunterstützung ausbildet. Es ergaben sich bei einer Anwendungszeit von im Median 3–5 (maximal 12) Minuten Atemzeitverhältnisse von 1:8 bis 1:20. Negative hämodynamische Nebenwirkungen wurden bei keinem Patienten beobachtet (n = 30).

Dyspnoempfinden

Patienten (n = 10) gaben unmittelbar nach 3–5-minütiger Ez-PAP Therapie eine Besserung der Atemnot im Median um 3,3 Punkte auf der CR-10-BORG-Skala an. Die Besserung hielt 12 bis 60 Minuten an. Patienten mit einem Ruhedyspnoe-Ausgangswert von

3–4 auf der Visuellen Analog-Skala (VAS) konnten nach dem Atmen über das Gerät subjektiv tiefer durchatmen und gaben keine Atemnot mehr an (VAS 0) (n = 2). Die sehr schwere bis maximale Atemnot von 6–10 auf der CR-10-BORG-Skala bei 8 Patienten direkt nach Pausierung der Beatmung (n = 8) oder nach körperlicher Belastung der Patienten (n = 8) wurde gleichermaßen im Median um 3,25 Punkte reduziert (Intervall 2 bis 4 Punkte).

Änderung der Sauerstoffsättigung

Die Therapie mit Ez-PAP verbesserte die Oxygenierung im Vergleich zur Spontanatmung bei 25 von 30 Patienten während der Anwendung. Eine direkt nach Pausierung der nicht-invasiven Beatmung mittels Herz-Kreislauf-Monitorings beobachtete Hypoxie bis $< 70\%$ Sauerstoffsättigung (sO₂), die auch bei erhöhter Sauerstoffgabe von 10 l/min über eine O₂-Maske auftrat (n = 16), fiel nach der Behandlung mit Ez-PAP geringer aus, im Median blieb der sO₂ $\geq 88\%$.

Veränderung der beatmungsfreien Zeiten

Bei 8 Patienten unter langjähriger NIV und aktuell krisenbedingter dauerhafter Beatmung sowie bei 1 Patienten im diskontinuierlichen Weaning wurden wieder beatmungsfreie Zeiten bis zu 6 Stunden (h) (Intervall 2,5 bis 6 h) möglich.

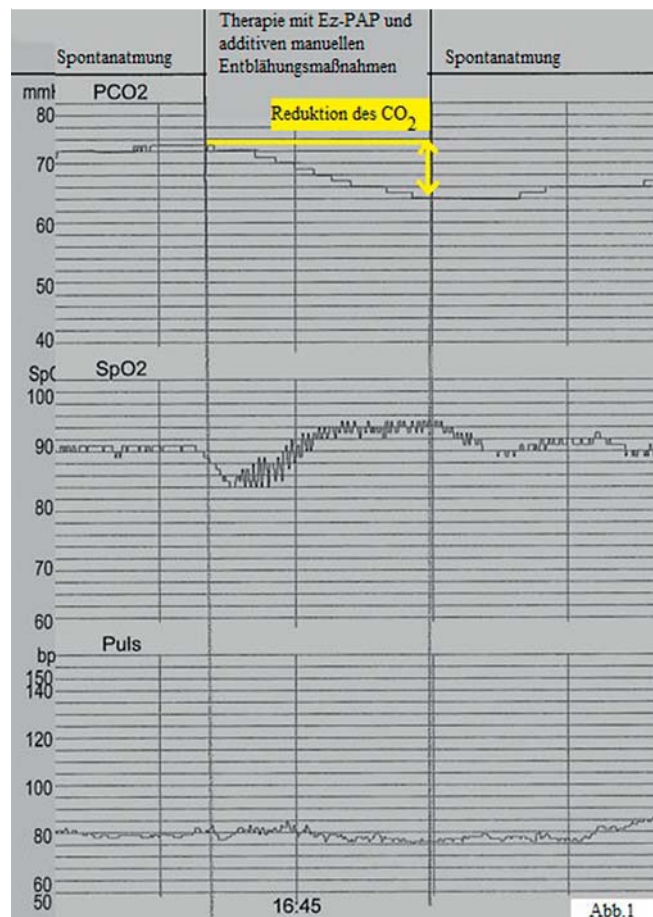


Abb. 4 Transkutane CO₂-Messung (TOSCA 500, Radiometer Kopenhagen) bei einem Patienten mit akut infektexazerbierter schwerer COPD. Im Verlauf von wenigen Minuten zeigt sich unter Ez-PAP Therapie, kombiniert mit manueller Entblähungstechnik, eine Reduktion des CO₂ um 9 mmHg (73 \rightarrow 64 mmHg).

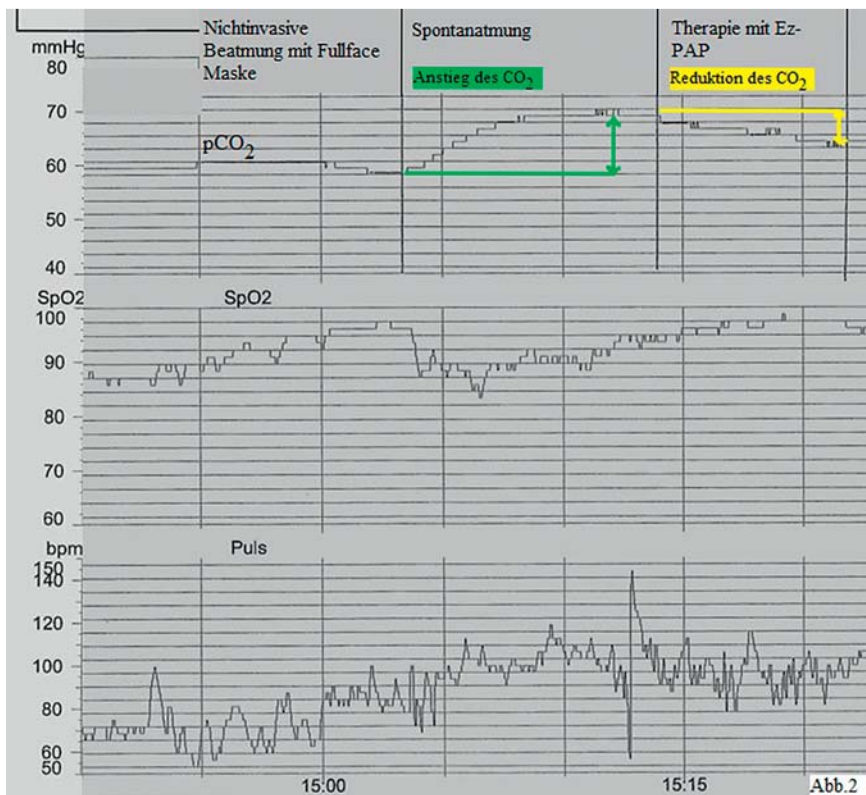


Abb. 5 Transkutane CO₂-Messung (TOSCA 500, Radiometer Kopenhagen) bei einem Patienten mit akut infektexazerbierter schwerer COPD nach Einleitung einer nichtinvasiven Beatmung. Schneller Anstieg des CO₂ in der Beatmungspause um ca. 10 mmHg. Reduktion des CO₂ unter Ez-PAP um 5 mmHg nach einigen Minuten.

Veränderung des Kohlendioxid-Partialdrucks (tcpCO₂)

Im Rahmen der Beatmungsüberwachung bei AECOPD fanden transkutane CO₂-Messungen bei 6 Patienten statt. Während der Atemtherapie mit Ez-PAP in Kombination mit manueller Entblähungstechnik wurde ein Rückgang der Hyperkapnie von initial im Median 75,5 mmHg (Intervall 56 bis 94 mmHg) um 7,3 mmHg (Intervall -5 bis -10 mmHg), (n=6) innerhalb von 5 bis 12 Minuten erfasst (● **Abb. 4** u. ● **Abb. 5**).

Einfluss auf Maskentoleranz und Beatmungsqualität nach NIV-Einleitung unter begleitender Ez-PAP-Therapie

Die Methode, intermittierend die Beatmung für Ez-PAP-Therapie zu unterbrechen, führte zu subjektiv ausgezeichneter Maskentoleranz bei den Patienten (n=10), mit guter Synchronisation der Beatmung bei niedrigen Atemfrequenzen (10–16/min), hohen Atemzugvolumina (600 bis 1100 ml) und moderaten inspiratorischen Beatmungsdrücken (Spitzendruck: 17–28 mbar) sowie PEEP (4–6 mbar). Sekretclearance war in der Beatmungspause möglich. Zudem war die Gabe von Opiaten unter NIV während der Ez-PAP-Anwendung seltener notwendig.

Sekretmanagement

Die Sekretelimination verbesserte sich subjektiv bei allen Patienten mit bestehender Sekretproblematik durch leichteres Abhusten des meist zähen Sekrets (n=10). Bei den invasiv beatmeten Patienten (n=2) konnte durch die Behandlung das Sekret zentralisiert und endotracheal abgesaugt werden. Bei 2 nicht-invasiv beatmeten Patienten wurde die Eröffnung von Atelektasen nach initialer Ez-PAP-Therapie über p.a. Röntgen-Thoraxaufnahme (● **Abb. 6**) dokumentiert.

Einfluss auf die Lungenfunktion

Spirometrische Messungen vor und nach 3-minütiger Therapie mit Ez-PAP zeigten eine gesteigerte VC im Mittelwert um 544 ml (Intervall von +310 bis +670 ml, n=5). Die FEV₁ änderte sich nicht relevant. Der Mittelwert der FEV₁ betrug vor Therapie 626 ml, nach Therapie 612 ml.

6-Minuten-Gehtest (6MWT)

Bei allen Patienten (n=5), die einen 6MWT durchführten, wurde eine Erweiterung der Gehstrecke im Median um 50,4 m (Intervall von 5 bis 132 m) mit Ez-PAP als Hilfsmittel dokumentiert. Im Einzelnen zeigte sich, dass 2 Patienten, die initial nicht in der Lage waren, den 6 MWT durchzuführen (10 und 15 m), mit Ez-PAP 45 bzw. 80 m Wegstrecke erreichten. 2 Patienten mit einer Gehstrecke von initial 210 und 270 m erweiterten die Gehstrecke auf 225 bzw. 275 m. 1 Patient verbesserte sich von initial 160 auf 292 m.

Therapieadhärenz

Im Verlauf nach 6 Monaten poststationärer Ez-PAP-Therapie war die Compliance der Patienten gut. 27 von 30 Patienten wurde das Gerät als ambulantes Hilfsmittel rezeptiert, 3 Patienten waren während des Klinikaufenthalts verstorben. 16 der 27 Patienten (59,2%) gaben eine Nutzung des Geräts von mehrmals täglich bis hin zu 3mal/Woche in Ruhe und unter Belastung an, in Abhängigkeit von der aktuellen Atemnotsituation.

Von diesen 16 Patienten nutzten 11 Patienten Ez-PAP vorwiegend zur Überbrückung der Dyspnoe nach der Beatmungstherapie, aber auch zum Teil für Aktivitäten des täglichen Lebens, wie z.B. Treppensteigen, Körperpflege, Essen (n=5) und führten die Behandlung vorwiegend selbständig und mit Hilfe der Angehörigen durch. (● **Tab. 4**)

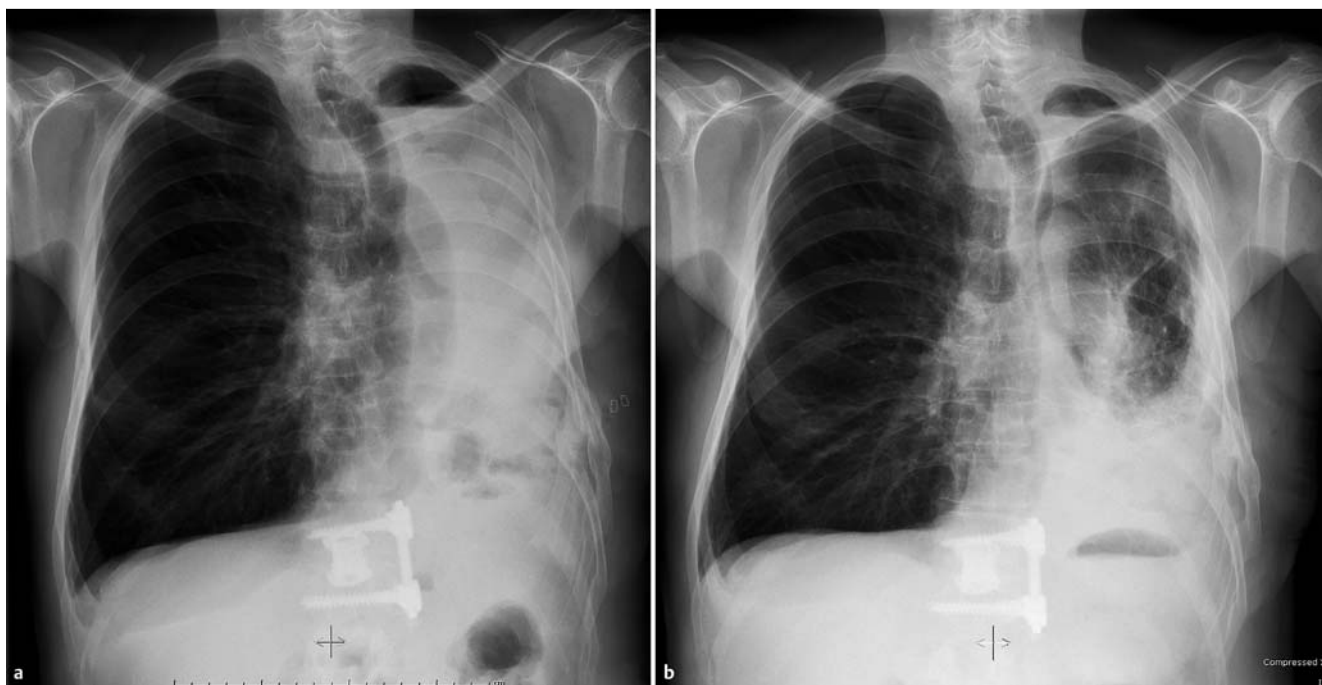


Abb. 6 Atelektasenwiedereröffnung mit Ez-PAP bei einem Patienten mit COPD D und Lungenemphysem, bei dem im Vorfeld endobronchiale Ventile eingelegt wurden, als Komplikation ein persistierender Pneumothorax auftrat und infolge dessen eine Oberlappenektomie und Keilresektion des Segments 6 links durchgeführt wurde. **a** Atelektase li. **b** Wiedereröffnung der Atelektase li. (Röntgenbilder mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. C. P. Heußel).

Tab. 4 Ergebnistabelle.

Outcome-Parameter	n	
Atmungstherapie mit Ez-PAP	n = 30	
verstorben während des stationären Aufenthalts	n = 3	
Schulung von Patienten/Angehörigen/Pflegepersonen	n = 27	
entlassungsrelevante Verordnung von Ez-PAP	n = 27	
Therapieadhärenz nach 6 Monaten	n = 16	
Ergebnisse der Therapie mit Ez-PAP		
Dyspnoeempfinden (CR-10-Borg-Skala)	n = 10	- 3,3 Punkte (Intervall: 2 – 4)
Zugewinn an beatmungsfreier Zeit	n = 9	+ 4 h (Intervall: + 2,5 bis + 6)
transkutane CO ₂ -Messung bei akuter COPD- Exazerbation	n = 6	- 7,3 mmHg (Intervall: - 5 bis - 10)
Änderung der Vitalkapazität (VC)	n = 5	+ 544 ml (Intervall: + 310 bis + 670)
Änderung der Einsekundenkapazität (FEV ₁)	n = 5	- 14 ml (Intervall: + 15 bis - 36)
Änderung der Gehstrecke im 6-Minuten Gehstest (6MWT)	n = 5	+ 50,4 m (Intervall: + 5 bis + 132)

Diskussion

Im Rahmen unserer retrospektiven Analyse des Stellenwerts einer Flow-PEP- Atemtherapie mit dem CPAP-Kompaktsystem Ez-PAP bei hyperkapnischen Patienten mit schwerer COPD und Lungenemphysem konnten wir zeigen, dass diese einfache Methode die schwere Atemnot lindern kann.

Neben der Beatmungstherapie, Langzeitsauerstofftherapie (LTOT) und leitlinienkonformer medikamentöser Therapie hat sich Ez-PAP hierbei als wichtiger Baustein in unserem Behandlungskonzept der schweren COPD und des Lungenemphysems sowie im Weaning etabliert. Die aktuelle S2k-Leitlinie für prolongiertes Weaning beschreibt die positiven Effekte von CPAP bei obstruktiver Lungenerkrankung im Weaning, z.B. Verringerung der Dyspnoe, Abnahme der Triggerarbeit und Reduktion des iPEEP im Hinblick auf die Spontanatemzeit [16].

Wir nutzten diese Effekte intermittierend, um Tachypnoe mit konsekutiver dynamischer Überblähung und Hypoxie zu vermeiden [2] und den Übergang von der nicht-invasiven oder invasiven kontrollierten BiPAP-Beatmung (Biphasic Positive Airway Pressure) hin zur Phase der Spontanatmung zu überbrücken.

Die hier beschriebene Art der Anwendung ist gut mit den Empfehlungen der Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga und der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem vereinbar [17]. Dort wird die Therapie mit expiratorischen Stenosen – ohne Oszillation als einfachste Möglichkeit die Lippenbremse, mit Oszillation z.B. Cornet® oder Flutter® – zur nichtmedikamentösen Therapie bezüglich Entblähung, verbesserter Ventilation und Sekretmanagement bei spontan atmenden Patienten angeraten. Dennoch ist die Datenlage zum Stellenwert der PEP-Therapie widersprüchlich.

Die meisten Studien zur nichtmedikamentösen Behandlung der COPD differenzieren nicht zwischen chronischer obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem und untersuchen hauptsächlich das Sekretmanagement und nicht vorrangig die Behandlung und Vermeidung der dynamischen Überblähung.

So kam die multizentrische randomisierte, kontrollierte Studie von Osadnik et al. zwar zu dem Schluss, dass die Therapie mit PEP-Systemen bei Patienten mit einer akut exazerbierten COPD kurzfristig die Dyspnoe verbessern kann, ihr aber dennoch keine signifikante kurz- oder langfristige Bedeutung in der Behandlung der AECOPD zukommt [18]. Dagegen beschrieben Nicolini et al. [19] in einer aktuellen prospektiven randomisierten Studie die bessere körperliche Leistungsfähigkeit beim Atmen mit PEP-Systemen (5 mbar) im 6MWT. Die Probanden erreichten eine weitere Gehstrecke bei besserer Oxygenierung und geringerer Herzfrequenz [19]. Waltersbacher et al. hingegen fanden in einem randomisierten Cross-over-Design keinen Vorteil beim Treppensteigen mit CPAP-Device (7 mbar) und zusätzlicher Sauerstoffgabe bezüglich der dynamischen Überblähung und der Atemnot [20]. Die Wirkweise des Ez-PAP ist nicht vollständig geklärt. Die Kombination aus optimierter Inspirationslage mittels des Coanda-Effekts, der den bis zu 4-fachen Zustrom von Raumluft generiert [12], und des flow-bedingten PEP scheint die Atemlast zu senken. Ez-PAP-Therapie führt zu einem bedeutend verlängerten Expirium und zu einer Reduktion der dynamischen Überblähung, und somit konsekutiv zu geringer Atemfrequenz, höheren Tidalvolumina und geringerer Totraumventilation [2] mit zügigem Abfall des tcpCO_2 während der manuell unterstützten Therapie. Noch gibt es, unseres Wissens nach, keine Studien zur Reduktion von Hyperkapnie unter atmungstherapeutischer PEP- oder CPAP-Behandlung bei COPD und Lungenemphysem.

Den Anstieg der Vitalkapazität nach kurzer Anwendung von Ez-PAP werten wir als Ausdruck der reduzierten Überblähung, wobei das FEV_1 aufgrund der mechanischen, aber nicht bronchodilatatorischen Effekte unverändert bleibt. Inwieweit die maximal erreichbare Entblähung von der Verschiebung des Equal Pressure Point nach proximal durch die Stabilisierung der Bronchien oder aber der Kollateralventilation abhängt, ist fraglich. Hypothetisch kann von Bedeutung sein, ob komplette oder inkomplette Fissuren im Sinne einer kollateralen Ventilation vorliegen.

Möglicherweise sind interlobäre Parenchymbrücken als anatomische Variante [21, 22] für eine besonders wirksame Entlüftung über die kollateralen Atemwege verantwortlich. Weitere Untersuchungen mit expiratorischen Stenosen unter Beachtung dieses Aspekts sind daher von Interesse.

Obwohl die Linderung der Atemnot nicht dauerhaft ist, kann durch Schulung eine bewusste Atemkontrolle und eine verbesserte Koordination von Atmung und Bewegung erlernt werden. Aus dem subjektiven Gefühl der unmittelbaren Atemerleichterung durch die Anwendung von Ez-PAP bei Atemnot in Ruhe und Belastung sind psychische Entspannungseffekte in Betracht zu ziehen. Wir beobachteten zudem eine gesteigerte Sekretmobilisation, Sekretelimination [23] und die Eröffnung von Atelektasen. Der intermittierende Wechsel zwischen Beatmung und Atemtherapie, die neben der Entblähung auch die Möglichkeit des PEP-Hustens über Maske oder Trachealkanüle bietet, ist offenbar der Clearance förderlich [24].

Ez-PAP lässt sich auch bei beatmungsabhängigen Patienten in kurzen Beatmungspausen einfach anwenden. Die Compliance einer nicht-invasiven Beatmungstherapie kann sich unter begleitender Ez-PAP-Therapie verbessern. Es wird die dynamische Überblähung verringert und dadurch die Beatmungsqualität be-

züglich Synchronisation, Atemfrequenz, Atemzugvolumina und benötigtem Beatmungsdruck optimiert. In Phasen hochgradiger dynamischer Überblähung ist Spontanatmung kaum möglich. Mit klassischen Druck- oder Flusstriggern ist eine assistierte Beatmung in solchen Situationen nicht mehr ausreichend möglich [25]. Werden RV, TLC und der iPEEP durch die PEP-Therapie reduziert, verbessert sich die endexpiratorische Position des Zwerchfells, die Zwerchfellbeweglichkeit nimmt zu und die Atmung wird effektiver [26]. Weder die Vermeidung der Hypoxie nach Beatmungsende noch der Zugewinn an beatmungsfreien Zeiten lassen sich retrospektiv präzise darstellen. Theoretisch kann die Ez-PAP-Therapie zu einem gesteigerten intrathorakalen Druck mit hämodynamischen Konsequenzen führen. Allerdings ergeben unsere Daten keinen Anhalt für negative Einflüsse auf die Hämodynamik. Eine kurze Behandlungsdauer von 3 bis 5 Minuten war nötig, um eine optimale Entblähung zu erzielen. Bei der Behandlung mit tiefer Inspiration in Kombination mit assistierter Expiration entstand, abweichend zu den Angaben des Herstellers, nach unseren Messungen kein kontinuierliches positives Druckniveau wie bei einer konventionellen CPAP-Therapie.

Es ist kritisch anzumerken, dass bei dieser retrospektiven Analyse limitierende Umstände zu berücksichtigen sind. Einerseits handelte es sich um ein kleines, heterogenes Patientenkollektiv, zumeist unter nicht-invasiver, aber auch invasiver Beatmung. Ein Vergleich mit einer Kontrollgruppe fand nicht statt. Allerdings sind die Effekte auf 6MWT, Lungenfunktionstests, Dyspnoe und Reduktion der Hyperkapnie kaum durch einen Placeboeffekt in Analogie zu placebokontrollierten medikamentösen Studien erklärbar. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die kausalen Therapien relevanter Komorbiditäten, wie z. B. die kardiale Dekompensation oder von Pleuraergüssen, Einfluss auf die hier geschilderten Ergebnisse gehabt haben könnten. Andererseits ist die inhalative antiobstruktive Therapie der Patienten während des stationären Aufenthalts optimiert worden und wird somit zu einem gewissen Teil die erzielten Ergebnisse positiv beeinflusst haben [27]. Ein weiterer zu diskutierender Punkt ist, dass in der dargestellten Analyse alle mit Ez-PAP behandelten Patienten eingeschlossen wurden. Neben der Beschreibung der Beobachtungen bezüglich Beatmungsqualität, Beatmungsüberwachung, Beatmungspausen, nahmen nur diejenigen Patienten an zusätzlichen Lungenfunktionstests oder 6MWT teil, die aufgrund der positiven Effekte der Therapie motiviert und körperlich dazu in der Lage waren, sodass sich auch hierdurch eine gewisse Verzerrung ergeben haben kann. Auch erzielten beim 6MWT 2 Patienten bei guter Atemerleichterung aufgrund muskulärer Erschöpfung der Beine lediglich eine geringfügige Erweiterung der Wegstrecke (210 auf 225 m, 270 auf 275 m), nachdem der Verlaufs-Gehtest mit Ez-PAP nach kurzer Ruhepause (10 min.) nach dem initialen Gehtest stattgefunden hatte.

Allgemein ist für die Therapie die Fähigkeit, Inspiration und Expiration über das Gerät zu führen, von Bedeutung. Je nach aktuellem Zustand des Patienten wurde das therapeutische Vorgehen in Bezug auf den verwendeten Flow, Device (Mundstück, Maske, Trachealkanüle) und die manuelle Unterstützung modifiziert. Abschließend gelang die Integration von Ez-PAP nach dem Klinikaufenthalt in den Alltag bei einem überwiegenden Teil der Patienten, abhängig von den kognitiven Fähigkeiten und der Schulung von Angehörigen bzw. Pflegepersonen. Seit Juni 2012 ist diese Therapie aufgrund unserer positiven, hier geschilderten Erfahrungen in unserer Atemtherapie fest etabliert und wird interdisziplinär von Atemtherapeuten, Pflegepersonal und Physiotherapeuten angewandt.

Schlussfolgerung

Ez-PAP scheint mit einfacher, mechanischer Methode die dynamische Überblähung bei der schweren COPD zu reduzieren, die Atmung zu ökonomisieren und die Atempumpe teilweise zu entlasten. Verbessertes Sekretmanagement und die Wiedereröffnung von Atektasen tragen zum nachhaltigen Therapieerfolg bei. Auch außerklinisch lässt Ez-PAP einen relevanten therapeutischen Nutzen erkennen. Zusammenfassend scheint es sich bei Ez-PAP um eine wirksame Therapie bei Patienten mit schwerer COPD und Lungenemphysem zu handeln. Weitere prospektive Daten sind notwendig, um den endgültigen Stellenwert dieser vielversprechenden Methode besser einordnen zu können.

Interessenkonflikt

Gabriele Iberl erhielt von der Fa. Smiths Medical ein Vortragshonorar. Die anderen Autoren geben keinen Interessenkonflikt an.

Literatur

- 1 *Incalzi RA, Scarlata S, Pennazza G* et al. Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the elderly. *Eur J Intern Med* 2014; 25: 320–328
- 2 *Macklem PT*. Therapeutic implications of the pathophysiology of COPD. *Eur Respir J* 2010; 35: 676–680
- 3 *Tantucci C*. Expiratory flow limitation definition, mechanisms, methods, and significance. *Pulm Med* 2013: 749860
- 4 *Sciurba FC, Ernst A, Herth FJ* et al. VENT Study Research Group. A randomized study of endobronchial valves for advanced emphysema. *N Engl J Med* 2010; 363: 1233–1244
- 5 *Osthoff M, Jenkins C, Leuppi J*. Chronic obstructive pulmonary disease - a treatable disease. *Swiss Med Wkly* 2013; 143: w 13777
- 6 *Nowobilski R, Włoch T, Płazewski M* et al. Efficacy of physical therapy methods in airway clearance in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a critical review. *Pol Arch Med Wewn* 2010; 120: 468–477
- 7 *Andrews J, Sathe NA, Krishnaswami S* et al. Nonpharmacologic airway clearance techniques in hospitalized patients: a systematic review. *Respir Care* 2013; 58: 2160–2186
- 8 *Perez Bogerd S, Selleron B, Hotton R* et al. Chest physiotherapy techniques – can they reduce hyperinflation. *Rev Mal Respir* 2009; 26: 1107–1117
- 9 *Martin AD, Davenport PW*. Extrinsic Threshold PEEP Reduces Post-exercise Dyspnea in COPD Patients: A Placebo-controlled, Double-blind Cross-over Study. *Cardiopulm Phys Ther J* 2011; 22: 5–10
- 10 *Bubulij C*. Atemungstherapeutische Maßnahmen zur Sekretolyse und Sekretentfernung. In: Schwabbauer N, Riessen R (Hrsg). *Sekretmanagement in der Beatmungsmedizin*. Bremen: UNI-MED; 2010: 44–49
- 11 *Elkins MR, Jones A, van der Schans C*. Positive expiratory pressure physiotherapy for airway clearance in people with cystic fibrosis. *Cochrane Database Syst Rev*; 2006: CD003147
- 12 *Rieg AD, Stoppe C, Rossaint R* et al. EzPAP zur Therapie der postoperativen Hypoxämie im Aufwachraum. *Der Anaesthetist* 2012; 61: 867–874
- 13 *Sehlin M, Törnell SS, Öhberg F* et al. Pneumatic performance of the Boussignac CPAP system in healthy humans. *Respir Care* 2011; 56: 818–826
- 14 *van Gestel A, Teschler H* (Hrsg). *Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungen-Erkrankungen*. Berlin: Springer-Verlag; 2010
- 15 *Weise S, Kardos P, Pfeiffer-Kascha D* et al. *Empfehlungen zur physiotherapeutischen Atemtherapie*. München-Orlando: Dustri-Verlag; 2008: 4–5
- 16 *Schönhofer B, Geiseler J, Dellweg D* et al. Prolongiertes Weaning. *Pneumologie* 2014; 68: 19–75
- 17 *Vogelmeier C, Buhl R, Criée CP* et al. Guidelines for the diagnosis and therapy of COPD issued by Deutsche Atemwegsliga und Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin. *Pneumologie* 2007; 61: e1–40
- 18 *Osadnik CR, McDonald CF, Miller BR* et al. The effect of positive expiratory pressure (PEP) therapy on symptoms, quality of life and incidence of re-exacerbation in patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: a multicentre, randomised controlled trial. *Thorax* 2014; 69: 137–143
- 19 *Nicolini A, Merliak F, Barlascini C*. Use of positive expiratory pressure during six minute walk test: results in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Multidiscip Respir Med* 2013; 8: 19
- 20 *Walterspacher S, Walker DJ, Kabitz HJ* et al. The effect of positive airway pressure on stair-climbing performance in severe COPD patients. *COPD* 2013: 193–199
- 21 *van Rikxoort EM, Goldin JG, Galperin-Aizenburg M* et al. A method for the Automatic quantification of the completeness of pulmonary fissures: evaluation in a database of subjects with severe emphysema. *Eur Radiol* 2012; 22: 302–309
- 22 *Koenigkam-Santos M, de Paula WD, Owsijewitsch M* et al. Incomplete pulmonary fissures evaluated by volumetric thin-section CT: semi quantitative evaluation for small fissure gaps identification, description at prevalence and severity of fissural defects. *Eur J Radiol* 2013; 82: 2365–2370
- 23 *Spinelli E, Timpano S, Fogazzi A* et al. 18q deletion in a cystic fibrosis infant, increased morbidity and challenge for correct treatment choices: a case report. *Ital J Pediatr* 2011; 37: 22
- 24 *Hill K, Patman S, Brooks D*. Effect of airway clearance techniques in patients experiencing an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Chron Respir Dis* 2010; 7: 9–17
- 25 *Tobin MJ, Laghi F, Jubran A*. Ventilatory failure, ventilator support, and ventilator weaning. *Compr Physiol* 2012; 2: 2871–2921
- 26 *Weise S, Kardos P, Pfeiffer-Kascha D* et al. *Empfehlungen zur physiotherapeutischen Atemtherapie*. München-Orlando: Dustri-Verlag; 2008: 16
- 27 *Dhand R, Dolovich M, Chips B* et al. The role of nebulized therapy in the management of COPD: evidence and recommendations. *COPD* 2012; 9: 58–72