

M. Walz · G. Möllenhoff · G. Muhr · Chirurgische Universitätsklinik und Poliklinik,  
Berufsgenossenschaftliche Kliniken Bergmannsheil Bochum

# CPAP-Augmentierte Spontanatmung beim Thoraxtrauma

## Eine Alternative zur Intubation

### Zusammenfassung

Bei Lungenfunktionsstörungen insbesondere nach Thoraxtrauma sind Intubation und kontrollierte Beatmung mit PEEP etablierte Strategien. Hinsichtlich bekannter Folgeprobleme von Intubation, Beatmung und begleitender Analgosedierung stellt sich die Frage, warum nicht-invasive, die Spontanatmung augmentierende Maßnahmen wie die CPAP-Masken-Therapie in der Praxis nur wenig Bedeutung haben. In einer prospektiven Studie wurden 30 Patienten mit Gasaustauschstörung im Rahmen eines Thoraxtrauma primär mittels CPAP-Masken-Augmentation behandelt. Respiratorparameter und BGA-Werte wurden fortlaufend registriert. Bei einer initial erforderlichen  $F_iO_2$  von 0,33 wurde die Behandlung mit einem CPAP-Niveau von 7(5–8) mbar und einem ASB-Niveau von 15(13–18) mbar begonnen. Druckwerte und tägliche Anwendungsdauer wurden dem Gasaustausch entsprechend reduziert. Die mittlere Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation lag bei 6 Tagen. Bei allen Patienten ließen sich durch dieses Vorgehen der Gasaustausch verbessern sowie die Intubation und Beatmung vermeiden. Komplikationen wurden nicht beobachtet, die Akzeptanz durch die Patienten war gut. Im Vergleich zum Standardvorgehen konnte die Intensivbehandlungsdauer deutlich verkürzt werden, da die Entwöhnung vom Respirator und medikamentöses Entzugssyndrom nach Analgosedierung bei dieser Behandlungsform entfallen. Von Vorteil sind die erhaltene Kommunikationsfähigkeit des Patienten, die Möglichkeit der physiologischen, enteralen Ernährung sowie die Mobilisierung unter ak-

tiver Mitarbeit des Patienten. Dem Einsatz nicht-invasiver Beatmungstechniken sollte in Zukunft mehr Bedeutung geschenkt werden. Weitere Untersuchungen zur genaueren Abgrenzung des Indikationsspektrums sind jedoch erforderlich.

### Schlüsselwörter

Thoraxtrauma · Lungenversagen · Augmentierte Beatmung · CPAP-Therapie · CPAP-Maske

Das intensivmedizinische Problem des Lungenversagens besteht unverändert, da bisher wirksame Maßnahmen zur Prophylaxe des posttraumatischen wie auch des septischen Lungenversagens nicht etabliert sind. Demgegenüber hat sich jedoch die Technik der maschinellen Ventilation mit neuen, differenzierteren Beatmungsmodi und zu deren Durchführung erforderlichen modernen Beatmungsgeräten mit hochspezialisierter Software weiterentwickelt. Die frühzeitige Beatmung ist insbesondere in der traumatologischen Intensivmedizin als Therapiekonzept gefestigt, die Intubationshäufigkeit hat entsprechend zugenommen. Das Risiko ‚tubusassoziierter‘ Komplikationen bei oro- und nasotrachealer Intubation kann durch die allerdings noch nicht sehr verbreitete Punktionstracheotomie gesenkt, letztlich jedoch nur die Anwendung nicht-invasiver, augmentie-

render Beatmungsformen umgangen werden. Trotzdem wird *augmentierenden Beatmungsverfahren*, wie der CPAP-Atmung, die auch ohne Intubation beim spontan atmenden Patienten anwendbar sind, auffallend geringe Beachtung geschenkt. Auch bei der nicht-invasiven, unterstützenden Beatmetherapie lassen sich die Möglichkeiten der modernen Respiratoren mit großem Benefit für den Patienten ausnutzen. Beim primären Einsatz kann die Intubation bei einem Teil der Patienten vermieden werden, die konsequente Anwendung nach der Extubation kann die Intubationsdauer verkürzen und Reintubationsrate senken.

### Entwicklung

Einer der ersten Berichte über die Anwendung einer positiven Druckunterstützung über eine Gesichtsmaske stammt von Bunnell aus dem Jahre 1912 [6], der sie im Rahmen thoraxchirurgischer Eingriffe einsetzte. Poulton und Oxon [23] publizierten 1936 ihre Erfahrungen mit der positiven Druckbeatmung bei Patienten mit Lungenödem bei Linksherzversagen. Unter der von ihnen entwickelten „pulmonary plus pressure machine“ verbarg sich ein Staubsauger der Marke Electrolux oder Hoover in Kombination mit einem Federexspirationsventil.

Dr. M. Walz

BG-Kliniken Bergmannsheil, Chirurgische Klinik,  
Bürkle-De-La-Camp-Platz 1, D-44789 Bochum

M. Walz · G. Möllenhoff · G. Muhr

## Assisted respiration using CPAP via face-mask in patients with blunt chest trauma. An alternative to intubation and mechanical ventilation

### Summary

Intubation and Positive End Expiratory Pressure Ventilation (PEEP) is a well established therapeutic strategy for impaired lung function, particularly following blunt chest trauma. Complications of this regime are however also well known and pose the question why non-invasive forms of respiratory assistance such as Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) have only gained minor popularity. In a prospective study, 30 patients who had suffered blunt chest trauma were treated with CPAP administered by mask. The regime consisted of continuous administration of CPAP by a face-mask, with gradually increasing periods of spontaneous breathing. Initially a  $FiO_2$  of 0.33 (range 0,28–0,38) proved necessary. The initial CPAP level was 7 mbar (range 5–8) with an (Assisted Spontaneous Breathing) ASB of 15 mbar (range 13–18).  $FiO_2$  and CPAP/ASB levels were subsequently gradually reduced until no longer necessary. In all patients intubation and ventilation was avoided by this regimen. The treatment was well accepted by all patients and common ventilation associated complications such as pneumonia did not occur. In comparison with the former standard method of treatment the average ICU stay was dramatically reduced, principally due to not having to gradually wean patients from ventilation and sedation. Other positive benefits include normal communication and feeding with active early mobilisation leading to faster recovery, both physical and psychological. We conclude that non-invasive respiratory techniques should be used more frequently and recommend further studies are undertaken to define the indications.

### Key words

Blunt chest trauma · Pulmonary failure · Assisted respiration · CPAP-therapy · CPAP-mask

## Originalien

Die Wiedereröffnung oder Querschnittsvergrößerung kleinerer und mittlerer Bronchiolen unter Anwendung positiver Atemwegsdrücke wurde schon 1939 von Barach und Swenson nachgewiesen [2]. Bereits während des 2. Weltkriegs, im Jahre 1945, beschreiben Buford und Burbank die Kombination von positiver Druckbeatmung über eine Gesichtsmaske mit einer Interkostalblockade zur Behandlung von Thoraxverletzungen bei verwundeten Soldaten – eine dann jahrzehntelang ungenutzte Möglichkeit der primären, nicht-invasiven Behandlung des Thoraxtraumas [5]. Zur gleichen Zeit wurden schon Untersuchungen zu Begleiteffekten der positiven Druckbeatmung (Atmung, Kreislauf, Blutgasstatus, Atemarbeit) durchgeführt. Eine der letzten ‚aktuellen‘ Arbeiten über Masken-CPAP stammt von Jensen (1952), der über die Behandlung des stumpfen Thoraxtraumas berichtet und eine verbesserte Vitalkapazität und Sekretmobilisation beobachtet [13].

In den 60er und 70er Jahren wurden dann eine Zahl unterschiedlicher Beatmungsformen entwickelt und beschrieben. In der modernen Literatur findet sich eine Arbeit von Greenbaum et al. [10], die über die Effekte von Masken-CPAP bei spontan atmenden Patienten berichten. Bereits hier werden Vorteile dieser CPAP-Anwendung genannt: Vermeidung der Intubation und derer Folgekomplikationen, Verbesserung des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes ( $P_aO_2$ ), der funktionellen Residualkapazität sowie der röntgenologischen Befunde, Wiedereröffnung atelektatischer Lungenareale, Senkung des  $P_aCO_2$  sowie der leichte Abfall des venösen Rückstroms.

Auf die Entwicklung und die technischen Grundlagen von Beatmungsgeräten und sogenannten CPAP-Einheiten soll nicht weiter eingegangen werden, da dies den Rahmen einer solchen Darstellung sprengen würde. Von Bedeutung ist, daß Geräte, die zur Applikation von CPAP und verwandter Beatmungsmodi eingesetzt werden, über einen ausreichend hohen inspiratorischen Flow verfügen. Moderne Beatmungsgeräte bieten Flow-Werte bis zu 120 l/min, so daß selbst bei forcierter Einatmung des Patienten ein konstantes, positives Druckniveau aufrecht erhalten werden kann.

## Augmentierende Beatmungstechnik

### Applikation

Zum Einsatz nicht-invasiver, augmentierender, also unterstützender Beatmungsverfahren wird ein ‚Interface‘ zwischen Respirator und Patient benötigt. Hier stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung: *Gesichtsmasken*, die Mund und Nase umschließen und auch bei nicht voll kooperativen Patienten angewandt werden können, *Nasenmasken* und *Mundstücke*, die zwar einen höheren Komfort für den Patienten bieten, jedoch dessen volle Kooperativität erfordern, da Nasenmasken für eine effektive Applikation einen verschlossenen Mund und Mundstücke eine ausschließliche Atmung über den Mund voraussetzen.

Aus unserer Sicht hat sich der Einsatz von Gesichtsmasken insbesondere für die Primärphase bewährt, da hiermit am ehesten Abstriche von der Mitarbeit des Patienten zu tolerieren sind und mittlerweile Masken mit hohem Tragekomfort bei gleichzeitig gegebener Dichtigkeit durch weiche, voluminöse Silikonringe verfügbar sind. Diese Gesichtsmasken werden mit verstellbaren Gummizügeln am Kopf des Patienten befestigt, so daß der Anpreßdruck gerade so hoch gewählt wird, daß kein Druckverlust während Ein- und Ausatmung auftritt. Insbesondere für die langdauernde Anwendung augmentierender Beatmung entfällt das aktive Halten seitens des Patienten, das sonst beim Mundstück notwendig ist. Für die kürzer dauernde, intermittierende Anwendung sind Nasenmasken und Mundstücke dann ohne Einschränkung anwendbar.

Probleme können sich bei längerfristiger Anwendung durch druckbedingte Weichteilschäden im Gesicht, vor allem im Bereich des Nasenrückens sowie bezüglich der Dichtigkeit ergeben. Ideal sind hierbei Masken, die bei möglichst geringem Anpreßdruck ein Maximum an Formschlüssigkeit gewähren, da Undichtigkeiten zu Druckverlusten und somit einem Verlust an Effektivität führen. Realisiert wird dieses durch Masken mit breitem Silikoncuff, der eine gute Verteilung des Auflage-druckes und hohe Rutschfestigkeit bietet. Durch die Verwendung von Mas-



Abb. 1 a, b ▲ CPAP-Gesichtsmaske mit voluminösem Silikoncuff (King System, B+P Beatmungs-Produkte GmbH, Neunkirchen) (a). CPAP-Nasenmaske (Respiroincs Inc., B+P Beatmungsprodukte GmbH, Neunkirchen) (b)

ken aus transparentem Kunststoff wird der Tragekomfort weiter erhöht (Abb. 1).

Durch nicht-invasive Beatmungs-therapie mit den genannten Applika-tionsmöglichkeiten lassen sich *Komplikationen und Folgeprobleme der Intubation, kontrollierten Beatmung und hierbei angewandten Analgosedierung* vermeiden [10]. Unmittelbare und mittelbare Folgen der oro- oder nasotra-chealen Intubation sind: Schleimhaut-schäden im Pharynx, Larynx und in der Trachea, Stimmbandläsionen, Ge-fahr der einseitigen Ventilation wie auch Herzrhythmusstörungen bei (zu tiefer) Tubusfehl-lage, Tracheitis, Tra-cheobronchitis, Sinusitis, „tubusasso-zierte“ ascendierende Pneumonie (ga-straler Reflux, unphysiologischer Ma-gen-pH durch Einsatz von H<sub>2</sub>-/Protonenpumpenblockern), Atrophie der Atemmuskulatur, Entwöhnung von der kontrollierten Beatmung, Entzugssyn-drom nach Sedierung (Benzodiazepine,

Barbiturate) und Analgesie (Opioide), wobei letzteres häufig eine entspre-chende medikamentöse Behandlung er-fordert und die Intensivbehandlungs-dauer nicht unerheblich verlängern kann.

### Beatmungsformen

Im Rahmen der Entwicklung und Modi-fikation verschiedener, augmentieren-der Beatmungsverfahren entstand eine fast nicht überschaubare Zahl von Ab-kürzungen. Von Bedeutung sind in der aktuellen Beatmungstechnik die folgen-den Begriffe:

- N(I)PPV (non-invasive positive pres-sure ventilation): Applikation von Überdruckbeatmung über Gesichtsmasken, Nasenmasken oder Mund-stücke wie bei der Anwendung der CPAP/ASB-Behandlung.
- PEEP (positive end-expiratory pres-sure) =

- EPAP (expiratory positive airway pressure): Während der Expirations-phase wird von der Beatmungseinheit ein wählbarer positiver Druck der Ausatmung des Patienten entgegen-gesetzt. Der Begriff PEEP wird bei al-len Formen der kontrollierten Beat-mung verwandt.
- PEEPi (intrinsic PEEP): Auch wäh-rend der physiologischen Ausatmung wird durch den Kehlkopfapparat ein Atemwegswiderstand erzeugt, der den Alveolarkollaps verhindert.
- ZEEP (zero end-expiratory pres-sure): In der Expirationsphase er-reicht der Atemwegsdruck Nullwerte, d. h., bei liegendem, endotrachealem Tubus wird der physiologische PEEPi überbrückt.
- CPAP (continuous positive pressure ventilation): Während der spontanen Ein- und Ausatmung des Patienten wird im Beatmungssystem ein wähl-barer, positiver Druck konstant auf-recht erhalten. Dies bedeutet eine Un-terstützung der Einatmung und eine ‚Behinderung‘ der Ausatmung, wobei letztere dem PEEP der kontrollierten Beatmung entspricht.
- ASB (assisted spontaneous breath-ing) =
- PSV (pressure support ventilation) =
- IPAP (inspiratory positive airway pressure): Durch den Beginn der Ein-atmung aktiviert, wird von der Beat-mungseinheit ein zusätzlicher Flow zur Unterstützung der Inspiration ap-pliziert, der sich beim Erreichen des wählbaren ASB-Druckniveaus, d. h., mit Beginn der Expiration abschalt-et. Der Druck im Beatmungssystem reduziert sich somit wieder auf den PEEP beziehungsweise das CPAP-Niveau.

### Pulmonale und extrapulmonale Effekte der CPAP-Therapie

Die Effekte der PEEP-Anwendung im Rahmen kontrollierter Beatmungsfor-men sind gut untersucht und unum-stritten. Bei der CPAP-Atmung erwei-tert sich das Wirkspektrum durch die inspiratorische Druckunterstützung, wobei es sich hier um die Unterstützung mit CPAP-Niveau, nicht zu verwechseln mit dem PSV- oder ASB-Niveau, han-delt. Die FRC (*funktionelle Residualka-pazität*) wird durch die Erweiterung, insbesondere jedoch die Wiedereröff-



nung kollabierter Alveolen (Recruitment) erhöht, das Ventilations-Perfusions-Verhältnis ( $V/Q$ ) homogenisiert und damit der *intrapulmonale Rechtslinks-Shunt* gesenkt. Das *Atemminutenvolumen (AMV)* steigt bei sinkender *Atemfrequenz (AF)* durch Vergrößerung des *Atemzugvolumens ( $V_T$ )* [1, 7, 10, 16, 18, 26].

Der pulmonale *Gasaustausch* wird bei reduzierter *Zwerchfellarbeit* (Inspirationsarbeit) verbessert; d.h. Anhebung des  $P_aO_2$ , Senkung des  $P_aCO_2$  und Anstieg des *pH-Werts* [1, 9, 10, 12, 16, 18, 20, 25]. Die Sekretmobilisierung wird verbessert. Auch die zu beobachtende Normalisierung vorher pathologischer *Röntgenbefunde* der Lunge wird beschrieben [10]. Jousela beschreibt bessere  $P_aO_2$ -Werte bei Anwendung von CPAP über eine Maske im Vergleich zum endotrachealen Tubus [14].

Sowohl PEEP, CPAP wie auch CPAP/ASB führen zu einer Erhöhung des intrathorakalen Druckes. Dadurch treten eine Reihe von *Nebenwirkungen* auf, derer man sich beim Einsatz der genannten Beatmungsformen bewußt sein muß. So steigt der *zentralvenöse Druck (CVP = central venous pressure)* mit gleichzeitiger Reduktion des *venösen Rückstroms* [10, 11]. Peters et al. untersuchten die Veränderungen der *regionalen Blutverteilung* unter Anwendung von CPAP und berichten über ein *Shifting* zugunsten der Magen-Darm-Durchblutung, während die Extremitäten daran nicht beteiligt sind [22]. Bedingt durch den verminderten venösen Rückstrom kommt es bekanntermaßen zum Abfall des *Schlagvolumens (SV)* und damit auch des *Herzminutenvolumens (HMV, CO = cardiac output)*.

Diese Effekte korrelieren mit dem Grad der intrathorakalen Druckerhöhung und hängen somit vom gewählten CPAP-Niveau ab. Montner et al. ermittelten diese Veränderungen an gesunden Probanden bei CPAP-Werten bis zu 20 mbar und fanden einen Abfall des SV um 21–28% und des HMV um 23–31% bezogen auf die Ausgangswerte bei jedoch unveränderter Herzfrequenz (HF), also ohne Zeichen einer kreislaufrelevanten Senkung der Herzleistung, da eine solche einen Blutdruckabfall mit kompensatorischer Frequenzerhöhung nach sich ziehen würde [21].

Diese Beobachtungen decken sich mit den Angaben von Hormann et al.,

die unter CPAP-Therapie unveränderte Werte für den arteriellen Mitteldruck und die HF beschreiben. Die gleichen Autoren untersuchten auch den Einfluß von CPAP auf den Liquordruck und finden einen Anstieg des *LSFP (lumbal cerebrospinal fluid pressure)* und einen Abfall des *CPP (cerebral perfusion pressure)*, wobei diesen Veränderungen keine klinische Relevanz zugeschrieben wird [11].

Die *hämodynamischen Begleitfekte* hängen über die zugrundeliegende intrathorakale Druckerhöhung folglich vom CPAP-Niveau ab. In der Literatur finden sich nur wenige Aussagen zur Höhe geeigneter Druckwerte. In der Regel wird ein CPAP-Niveau von 5–10 mbar gewählt [19, 20]. Größere Werte sind – analog des PEEP bei der kontrollierten Beatmung – nicht erforderlich und führen darüberhinaus zu entsprechend stärkeren, hämodynamischen Nebenwirkungen. Zu bedenken ist, daß diese Nebenwirkungen bei instabilen Kreislaufverhältnissen, insbesondere latenter oder manifester Hypovolämie an Bedeutung gewinnen.

Von gleicher Bedeutung ist auch das *Druckniveau der inspiratorischen Druckunterstützung (ASB, PSV)*. Diese Inspirationshilfe schaltet sich erst dann ab, wenn der gewählte Druckwert im Beatmungssystem erreicht wird. Bis zu diesem Zeitpunkt wird mit einem wählbaren Luftfluß (Flow [l/min]) ein Luft-Sauerstoff-Gemisch vom Respirator abgegeben. In der Regel führt der Beginn der – patientengesteuerten – Expiration zum entscheidenden Druckanstieg, der den Inspirationsflow dann beendet. Je höher also der gewählte Druckwert für den ASB, umso mehr initiale Expirationsarbeit ist vom Patienten zu leisten. Gleiches gilt auch für die Überwindung hoher Druckwerte (z. B. 20 mbar) bei alleiniger CPAP-Anwendung). Der Anstieg der Expirationsarbeit birgt das Risiko einer unvollständigen Expiration mit sogenanntem ‚air-trapping‘, das über ein steigendes Residualvolumen letztlich zur Zunahme auch der Inspirationsarbeit führt. Hier kann es, insbesondere bei insuffizienter Atemmuskulatur, zur Überforderung und letztlich Erschöpfung des Patienten kommen. Erkennbar wird dies häufig an einem Anstieg des  $P_aCO_2$  [10]. Deshalb muß sich die Höhe des ASB am individuellen Zustand des Patienten und

dessen klinischer Beobachtung während der Einstellung der Respiratorparameter orientieren. Von großem Vorteil ist die gegebene Möglichkeit der Kommunikation mit dem Patienten, der die gewählten Druckwerte und die daraus für ihn resultierende Atemarbeit beurteilen kann.

### Komplikationen

Unter CPAP-Therapie auftretende Komplikationen sind selten, ein dadurch erforderlicher Abbruch der Behandlung gilt als Rarität. Zu nennen sind folgende Probleme: Weichteilschäden im Gesicht, Hypoventilation mit  $CO_2$ -Retention oder Barotrauma bei zu hohen Druckwerten, kreislaufrelevanter Abfall des HMV (nur bei manifester Hypovolämie), Intoleranz gegenüber der Maske oder der CPAP-Behandlung als solcher, Aerophagie mit Magenblähung [24]. Die gefürchtete Komplikation der Aspiration unter CPAP-Therapie ist in der Literatur nicht beschrieben.

Vorsicht ist bei frischen ösophagealen oder tracheobronchialen Anastomosen geboten, hier sind moderate Druckwerte angezeigt. In wieweit die Verwendung von Magensonden eine mögliche Aerophagie verhindern kann ist umstritten [10]. Der Diskomfort für den Patienten sowie die auftretenden Probleme hinsichtlich der Dichtigkeit der Maske rechtfertigen den Einsatz nasogastraler Sonden nur in Ausnahmefällen.

### Indikationen

Das Indikationsspektrum augementierender Beatmungsverfahren ist im Laufe der Zeit gewachsen, ihre Anwendungshäufigkeit jedoch erstaunlicherweise eher zurückgegangen. In der Literatur reichen die beschriebenen Indikationen vom *Lungenversagen (ARDS)* über das *Lungenödem*, die unterschiedlichen *Pneumonieformen*, schwere Gasaustauschstörungen bei Patienten mit *COLD (chronic obstructive lung disease)*, *Atelektasen*, *Atemnotsyndrom des Neugeborenen (IRDS = infant respiratory distress syndrome)*, *Tracheomalazie*, Beatmung nach *Lungentransplantation*, *Schlafapnoesyndrom*, *Narkoseausleitung*, *Entwöhnung vom Respirator (weaning)* bis zum *Polytrauma* mit und ohne begleitendes *Thoraxtrauma* [1, 3–5, 7–10, 12, 13, 15, 17–20].

Branson berichtet zusammenfassend, daß die CPAP-Maskentherapie eine geeignete Alternative zur Intubation und maschinellen Beatmung bei Patienten mit akutem Lungenversagen sei, vorausgesetzt, die Behandlung wird rechtzeitig begonnen und kontinuierlich durchgeführt [19]. Die positiven Effekte des CPAP werden dabei sowohl für hypoxämische als auch hyperkapnische Gasaustauschstörungen beschrieben.

## Eigene Untersuchungen

### Fragestellung

Die primäre Intubation und maschinelle Beatmung ist derzeit die Standardempfehlung zur Behandlung des Thoraxtraumas. Ziel unserer Studie war es, festzustellen, inwieweit durch die primäre CPAP-Masken-Atmung als augmentierendes Beatmungsverfahren die Intubation zu ersetzen ist. Bei der Planung fiel auf, daß derzeit keine Angaben darüber existieren, ob oder gegebenenfalls wo eine Grenze zu ziehen ist, ab derer die CPAP-Therapie nicht mehr ausreichend und deshalb die Intubation und kontrollierte Ventilation unumgänglich ist. Dabei können Verletzungsschwere oder aber aktueller pulmonaler Funktionsstatus Entscheidungshilfen sein.

### Eingangskriterien

Als primäres Eingangskriterium wurde das Thoraxtrauma mit Zeichen der respiratorischen Insuffizienz gewählt. Sowohl Patienten mit isoliertem Thoraxtrauma als auch Patienten mit bestehenden Begleitverletzungen wurden in die Untersuchung aufgenommen. Voraussetzungen für das Vorliegen eines Thoraxtraumas waren dabei Frakturen von vier oder mehr ipsilateralen Rippen oder aber mindestens zweier Rippen in Verbindung mit begleitendem, primär drainagebedürftigem Hämato- oder Pneumothorax. Im Rahmen der Primärdiagnostik gehört die Thoraxsonographie zum Standard. Bei sonographisch nachgewiesenem Hämatothorax legen wir die Drainage überwiegend bereits vor der ersten Röntgenaufnahme. Das initiale Drainagevolumen lag bei allen Patienten über 300 ml. Als weiterer Faktor wurde der pulmonale Funktionsstatus wie auch bei der Indikationsstellung zur Intubation berücksichtigt.

Es wurden Verletzte für die Studie rekrutiert, die entsprechend der im Schockraum ermittelten BGA (*Blutgasanalyse*) unter Raumluft nach unserem bestehenden Therapiekonzept die Bedingungen für eine Intubation und kontrollierte Beatmung erfüllten. Die Indikation hierzu stellen wir bei einem  $P_aO_2 \leq 70$  mm Hg und einem  $P_aCO_2 \geq 50$  mm Hg unter Raumluftspontanatmung.

Bereits am Unfallort intubierte Patienten sowie Patienten mit schwerster Lungenkontusion, bereits primär hochgradiger Lungenfunktionsstörung und dringlich versorgungsbedürftigen Nebenverletzungen wurden aufgrund fehlender Erfahrungen zunächst *ausgeschlossen*. Ein  $P_aO_2 \leq 70$  mm Hg trotz  $O_2$ -Zufuhr von 4–8 l/min führte zur sofortigen Intubation und somit *Ausschluß* von der Untersuchung. Ebenso wurden nur Verletzte, die nach dem Trauma primär in unserer Klinik aufgenommen worden waren, in die Studie einbezogen. Darüber wurden Vorerkrankungen und Alter der Patienten mitberücksichtigt. Da keine Referenzdaten zur Indikationsstellung oder vielmehr den Grenzen einer CPAP-Therapie beim Thoraxtrauma vorlagen, wurde zunächst nur eine genau definierte Patientengruppe in die Untersuchung aufgenommen.

### Einschlußkriterien:

- Isoliertes oder begleitendes Thoraxtrauma, ein- oder beidseitig
- BGA (unter Raumluft)
  - $P_aO_2 \leq 70$  mm Hg
- Primärbehandlung in der eigenen Klinik
- Alter:  $\geq 18$  Jahre,  $\leq 60$  Jahre
- Keine pulmonalen Vorerkrankungen wie obstruktive Lungenerkrankungen, chronische Bronchitiden, allergische Manifestationen, akuter Infekt der oberen und/oder unteren Atemwege
- Keine akut versorgungspflichtigen Begleitverletzungen

### Ausschlußkriterien

- Primäre Intubation am Unfallort
- Schwere Lungenkontusion mit hochgradiger pulmonaler Gasaustauschstörung und notwendiger kontrollierter Beatmung

- SHT II° und III°
- Primär versorgungspflichtige Begleitverletzungen (Narkose)
- Beidseitige Kontusionssherde im primären Thoraxröntgen

### Patienten

Über einen Zeitraum von 12 Monaten konnten 30 Patienten in die Untersuchung einbezogen werden. Es handelte sich um 17 Verletzte mit isoliertem Thoraxtrauma, bei 13 Patienten lagen folgende Begleitverletzungen vor:

- Frakturen der Brust- oder Lendenwirbelsäule ohne neurologische Ausfälle ( $n = 8$ )
- Sternumfraktur ( $n = 1$ )
- Beckenfraktur Typ B ( $n = 2$ )
- Oberarmschaftfraktur ( $n = 1$ )
- Distale Radiusfraktur ( $n = 1$ )
- OSG-Fraktur ( $n = 1$ )
- Mittelfußfrakturen ( $n = 1$ )

Die thorakalen Verletzungen zeigten folgende Verteilung:

- Rippenfrakturen (2–7 Rippen)
  - einseitig ( $n = 22$ )
  - beidseitig ( $n = 8$ )
- Hämatothorax (drainiert)
  - einseitig ( $n = 16$ )
  - beidseitig ( $n = 5$ )
- Pneumothorax (drainiert)
  - einseitig ( $n = 8$ )

Es handelte sich um 24 Männer und sechs Frauen mit einem Durchschnittsalter von 42 (19–56) Jahren. Alle Verletzten wären außerhalb der Studie aufgrund der bestehenden respiratorischen Insuffizienz nach unserem eigenem Regime intubiert und für mindestens 48–72 h beatmet worden, um einem Lungenversagen vorzubeugen. Die Thoraxröntgenaufnahme zeigte bei sieben Verletzten innerhalb der ersten 24 h Zeichen einer unilateralen Lungenkontusion in nicht mehr als einem Lungenfeld.

### Behandlung

Von allen Patienten wurden regelmäßig BGA und zugehörige Respiratorparameter dokumentiert. Nach Primärdiagnostik wurden alle Verletzte auf unserer Intensivstation weiterbehandelt.

Die Patienten wurden eingehend über ihre Verletzung, die Notwendigkeit einer Beatmung, deren mögliche Nachteile und andererseits über die Alternative der CPAP-Behandlung ohne Analgosedierung mit den für sie resultierenden Vorteilen aufgeklärt. Die erforderliche *analgetische Begleittherapie* wurde nach folgendem Schema vorgenommen:

- 4mal 1 Tbl. Temgesic (Buprenorphin 0,3 mg),
- 4mal 40 Tropfen Novalgin (Metamizol).

Alternativ wurde bei sechs Patienten ein thorakaler PDA-Katheter gelegt und regelmäßig über 2–5 Tage angespritzt. Bei 3 Patienten wurde eine primäre Analgesie über eine Interkostalblockade durchgeführt. Nur bei 4 Patienten war während der ersten 2 Tage eine i.v.-Analgetikagabe (Temgesic) erforderlich. Bei 2 dieser 4 Patienten wurde eine begleitende leichte Sedierung mittels intermittierender Gabe von 1–3 mg Dormicum (Midazolam) vorgenommen.

Die CPAP-Atmung erfolgte primär ausnahmslos über eine Gesichtsmaske (Abb. 1a). Innerhalb der ersten 24 h der CPAP-Behandlung wurde in 4 stündigen Intervallen, also 6mal täglich, eine jeweils 15 min dauernde Pause mit ausschließlicher Spontanatmung unter Sauerstoffgabe über eine übliche Nasensonde eingehalten. Darüber hinaus wurde während der ersten 5 Tage einmal tags, einmal nachts eine CPAP-Pause von 30 min Dauer dazu genutzt, BGA-Werte unter Raumluft zu ermitteln, um pulmonalen Funktionsstatus sowie Effektivität und weitere Erfordernis der CPAP-Therapie abschätzen zu können.

Am 2. Tag der Behandlung wurden die Pausen auf 6mal 30 Minuten, am 3. auf 6mal 60, am 4. auf 6mal 90 min ausgedehnt. Um die CPAP-freien Intervalle nicht zu lang zu gestalten, wechselte ab dem 5. Tag jeweils 1 h CPAP-Behandlung mit 1 h Spontanatmung, wobei Patienten mit weniger starken BGA-Differenzen zwischen CPAP- und Spontanatmung während der Nacht auch Pausen von 2–2,5 h eingeräumt wurden. Ab dem 6. Tag wurden je nach pulmonaler Situation intermittierende CPAP-Phasen von 30–60 min Dauer 6 bis 12mal täglich mit dann täglich abnehmender Frequenz und Dauer vorgegeben, wobei

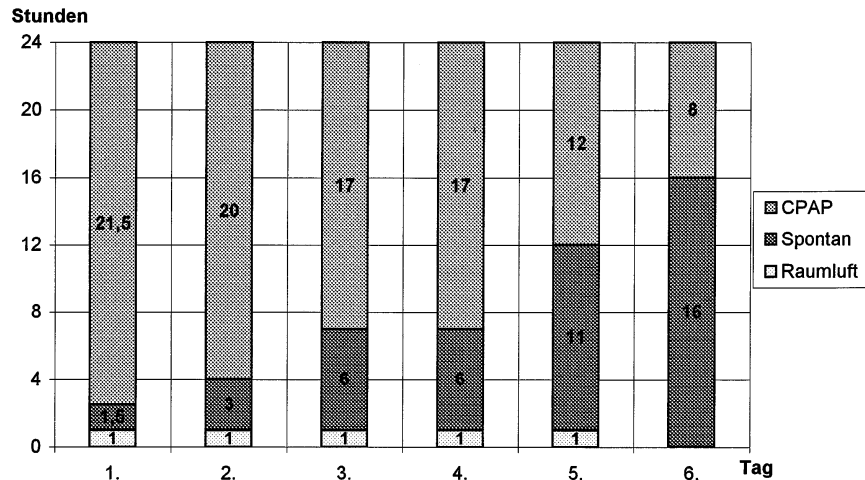


Abb. 2 ▲ Angewandtes CPAP-Schema. Die Reduktion der täglichen CPAP-Dauer und Verlängerung der Spontanatemphasen wird summarisch deutlich, wobei CPAP und Spontanatmung in mehreren Intervallen durchgeführt wurden (s. Text)

diese Behandlung bei stabilisierter Oxygenierung bei einem Teil der Patienten bereits auf der Normalstation durchgeführt wurde (Abb. 2). Begleitend erfolgte eine Übungsbehandlung mit in der postoperativen Phase üblichen, einfachen Atemtrainingshilfen.

Die CPAP-Atmung wurde auf der Intensivstation zur genauen Steuerung und Überwachung mit Respiratoren des Typs EVITA und EVA (Fa. Dräger, Lübeck) durchgeführt. Nach Verlegung von der Intensivstation kam ein CPAP-Gerät vom Typ INHALOG 1 (Fa. Dräger, Lübeck) zum Einsatz (Abb. 3).

Zum Beginn der CPAP-Behandlung wurde ein CPAP-Niveau (entsprechend dem PEEP bei der kontrollierten Beatmung) von durchschnittlich 7 (5–8) mbar und ein ASB von 15 (13–18) mbar gewählt. Unter diesen Parametern wurde ein  $P_aO_2$  von  $\geq 80$  mm Hg angestrebt. Hierzu waren zu Anfang  $F_iO_2$ -Werte von durchschnittlich 0,33 (0,28–0,38) erforderlich. Zur Vermeidung eines Barotraumas, z. B. während eines Hustenstoßes, wurde der Atemwegsdruck ( $P_{max}$ ) grundsätzlich auf 25 mbar limitiert. In Abhängigkeit von den jeweiligen BGA-Werten wurden ASB und CPAP-Niveau im Mittel täglich um 1–2 mbar reduziert. Der  $F_iO_2$  wurde schrittweise gesenkt, sobald die erreichten  $P_aO_2$ -Werte mehrfach über 90 mm Hg lagen.

Mittels regelmäßiger BGA wurde der pulmonale Gasaustausch anhand von pH-Wert und  $P_aCO_2$  auf eine Hyper- oder Hypoventilation überprüft. Analog

der Korrektur solcher Veränderungen bei der kontrollierten Beatmung wurde durch leichte Erhöhung oder Erniedrigung des ASB eine entsprechende Anpassung des AMV (Atemminutenvolumen) erreicht. War bei Hypoventilation und angestrebter, kompensatorischer Anhebung des AMV eine weitere Erhöhung des ASB wegen einer intolerablen Steigerung der Atemarbeit nicht möglich, wurde stattdessen das PEEP-Niveau leicht gesenkt, um so über eine größere Differenz zwischen PEEP- und CPAP-Niveau eine Erhöhung des AMV zu erreichen.

## Ergebnisse

Bei allen 30 Patienten konnte das beschriebene Therapieregime mit Erfolg durchgeführt werden. Eine Intubation wurde bei keinem der Patienten erforderlich, wobei berücksichtigt werden muß, daß aufgrund der gewählten Ein- bzw. Ausschlusskriterien nur eine begrenzte Patientengruppe einbezogen wurde. Ebenso zeigte sich in keinem Fall eine Verschlechterung der pulmonalen Funktion nach Beginn und konsequenter Fortführung der CPAP-Therapie. Bis auf 2 Verletzte, die während der ersten beiden Behandlungstage eine adjuvante sedierende Medikation benötigten, war die Akzeptanz seitens der Patienten auch zu Beginn bereits sehr gut. Nach Ablauf einer Gewöhnungsphase von 12–24 h mußte ein Teil der Patienten erst von der Ungefährlichkeit der im Verlauf möglichen Verlängerung der



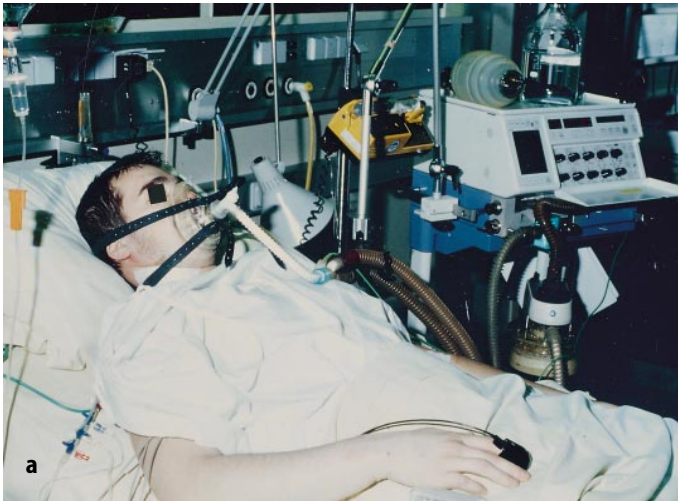


Abb.3 a, b ▲ CPAP/ASB-Behandlung über Gesichtsmaske mittels konventionellem Respirator (EVITA 2, Fa. Dräger) (a). Mobile CPAP-Einheit (Inhalog 1, Fa. Dräger), die vom Patienten auch auf der Normalstation selbständig eingesetzt werden kann (b)

Pausendauer überzeugt werden. Die Möglichkeit der verbalen Kommunikation sowie die erhaltene, physiologische, enterale (per os) Ernährung und die durchgeführte Mobilisierung im Sessel wurde von allen an der Behandlung Beteiligten als sehr angenehm be-

urteilt. Obstipationen mit der Notwendigkeit intensiver laxierender Maßnahmen, wie sie bei gebräuchlicher Analgesierung unter Verwendung von Opioiden regelmäßig zu beobachten sind, traten nicht auf.

Die Abb. 4 zeigt die mittleren  $P_aO_2$ - und  $P_aCO_2$ -Werte der 30 Patienten bei Aufnahme unter Raumluft, nach Gabe von 2 l  $O_2$  sowie nach 15- und 30-minütiger CPAP-Anwendung (CPAP 5/ASB 12) bei einem  $F_iO_2$  von 0,21 und 0,3. Während durch die Sauerstoffgabe nur ein leichter Anstieg des  $P_aO_2$  erreicht werden konnte, zeigte sich nach bereits 15-minütiger CPAP-Anwendung ohne zusätzliche Sauerstoffgabe ein deutlicheres Ansteigen des  $P_aO_2$  sowie darüber hinaus auch ein Abfall des primär erhöhten  $P_aCO_2$ . Hier wird die Wirkung des CPAP in Form einer Verbesserung des pulmonalen Gasaustausches und somit der Oxygenierung sowie der Unterstützung der Atemmechanik (Abfall des  $P_aCO_2$ ) deutlich. Bei Atemfrequenzen von 14–22/min war die alleinige Hypoventilation als Ursache der Gasaustauschstörung unwahrscheinlich, so daß frühe, posttraumatische, strukturelle Lungenparenchymveränderungen mit bereits erhöhtem intrapulmonalem Rechts-links-Shunt hierfür verantwortlich zu machen sind.

Mit Ablauf der ersten 48 h nach Behandlungsbeginn lag der  $F_iO_2$  bei keinem Patienten über 0,3 (Abb. 5). Hiermit konnte in allen Fällen ein  $P_aO_2$  von mehr als 80 mmHg erzielt werden. Durch Hyper- oder Hypoventilation bedingte respiratorische Alkalosen ( $pH > 7,44$ ) oder Azidosen ( $pH < 7,36$ ) konnten

durch Anpassungen des ASB-Niveaus von  $\pm 3$  mbar korrigiert werden.

Sowohl CPAP-Niveau als auch ASB-Höhe konnten im Verlauf der Behandlung simultan sukzessive reduziert werden. Durch die Reduktion in kleinen Schritten (ASB 2–3 mbar, CPAP 1–2 mbar) als „step-by-step-approach“ konnten nachträgliche Rückerhöhungen vermieden werden (Abb. 6). Hierbei wurde das ASB-Niveau etwas zügiger reduziert als das CPAP-Niveau, da die Patienten nur in den ersten 48–72 h eine stärkere Inspirationsunterstützung benötigten. Das CPAP-Niveau war auch zu Beginn der Behandlung eher moderat gewählt worden, so daß hier kein akuter Reduktionsbedarf bestand, zumal für ein wirkungsvolles Recruitment von Alveolen aus unserer Erfahrung ein CPAP-Wert von mindestens 5 mbar erforderlich ist. Die schrittweise Reduktion sowohl des Druckniveaus als auch der täglichen CPAP-Behandlungszeiten ist unbedingt einzuhalten. Ein abruptes Absetzen birgt das Risiko pulmonaler Funktionseinbrüche.

Bezüglich hämodynamischer Nebenwirkungen konnten keine relevanten Blutdruckschwankungen registriert werden. Zu Beginn der CPAP-Behandlung zeigte sich bei einem Teil der Patienten ein leichtes Ansteigen des arteriellen Mitteldruckes um 3–8 mmHg, bei den übrigen kam es zu keiner Änderung. Messungen des ZVD ergaben um 2–4 cmH<sub>2</sub>O erhöhte Ergebnisse unter CPAP/ASB-Anwendung, wobei diese nur bei CPAP-Werten  $\geq 5$  mbar und ASB-Werten  $\geq 10$  mbar auftraten.

Die Abb. 7 zeigt anhand eines Fallbeispiels den raschen Wirkungseintritt und die Effizienz der CPAP-Anwendung. Es handelt sich um einen 27-jährigen Mann, der sich im Rahmen eines Arbeitsunfalls Frakturen der Rippen 4–7 links und 5–9 rechts zuzog. Im Rahmen der Primärdiagnostik wurde durch die Thoraxsonographie ein beidseitiger Hämatothorax nachgewiesen, der jeweils durch Einbringen einer 20-Char-Thoraxdrainage entlastet wurde. Während der Diagnostik wurden 4 l  $O_2$  über Nasenonde gegeben. Die  $S_aO_2$ -Werte lagen hierunter um 91%; 100 min nach Einlieferung in unsere Klinik wurde die Therapie auf der Intensivstation fortgesetzt. Während der ersten Minuten wurde die Sauerstoffsättigung unter Raumluft mit 82% gemessen. Nach Be-

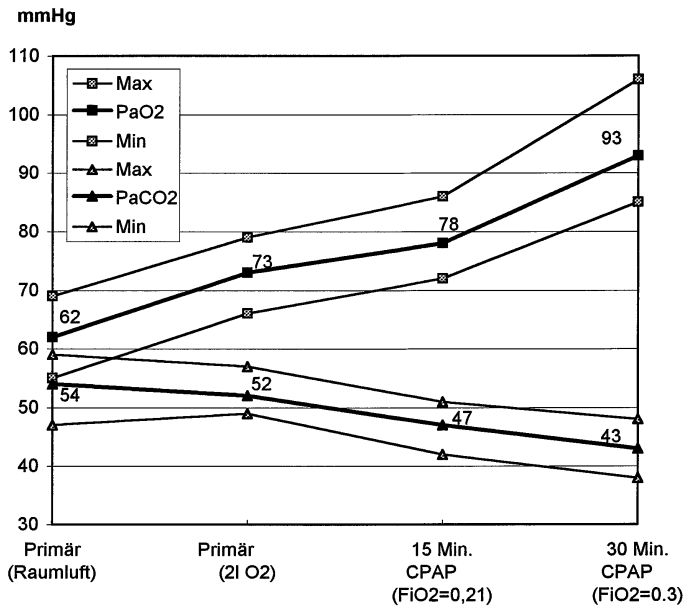


Abb. 4 ▲ Darstellung der verschiedenen BGA-Werte der untersuchten 30 Patienten. Verbesserung der Oxygenierung und Abfall der erhöhten  $P_aCO_2$  unter CPAP/ASB

ginn einer augmentierenden Beatmung mit CPAP (7 mbar)/ASB (15 mbar) und einem  $F_{iO_2}$  von 0,21 konnte ein Ansteigen der Sättigung auf 90 % beobachtet werden. Nach Absetzen der CPAP-Therapie begann die Sättigung bereits nach wenigen Minuten wieder zu fallen, um nach 20 min einen Wert von 83 % zu erreichen. Nach den 2. 20 min CPAP-Therapie erreichte die Sättigung 92 %, fiel nach Ende in der gleichen Zeit nur bis auf 86 %; 100 min nach Beginn der Behandlung konnte unter CPAP/ASB mit Raumluftsaauerstoffgehalt eine  $S_aO_2$  von 94 % registriert werden.

Die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation betrug im Mittel 6 (4–10) Tage. Retrospektiv ermittelte Daten ergaben eine Intensivbehandlungsdauer von 9 (7–14) Tagen bei 25 Patienten mit vergleichbaren Verletzungsmustern, die jedoch nach primärer Intubation am Unfallort über 2–4 Tage intubiert und kontrolliert beatmet worden waren. Notwendiges Weaning und anschließendes Atemtraining vor Verlegung waren hier die prolongierenden Faktoren.

Bei keinem der 30 Patienten konnten Anzeichen eines Atemwegsinfekts registriert werden. Demgegenüber betrug die Rate an Atemwegsinfekten unter 25 beatmeten Patienten 28 % (7/25), wobei der Nachweis durch Temperaturerhöhung über  $38,5^\circ C$ , Leukozytose  $> 12.000/\mu l$  und Keimnachweis in Tra-

chealsekret/Bronchiallavage geführt worden war. Die Dauer der kontrollierten Beatmung bis zum Beginn des Weanings lag hier bei lediglich 4,5 Tagen, was einerseits die Bedeutung der Intubation und Beatmung als Ausgangspunkt einer Bronchopneumonie und andererseits den Vorteil der CPAP-Behandlung deutlich macht.

## Diskussion

Bereits im Jahre 1912 wurde die Anwendung einer positiven Druckunterstützung über eine Gesichtsmaske von Bun-

nell erwähnt [6] und deren Anwendung bei Thoraxverletzungen 1945 von Buford und Burbank beschrieben. Mit zunehmender technologischer Weiterentwicklung der Beatmungsgeräte haben selbst bekannte Probleme und Komplikationen der heutigen „Standardtherapie“ (Intubation, kontrollierte Beatmung und hierbei notwendige Analgosedierung) des Thoraxtraumas den Blick kaum zurück zu nicht-invasiven, augmentierenden Beatmungsformen lenken können [10].

Die wesentlichen Effekte des CPAP sind bekannt und belegt: Erhöhung von FRC,  $P_aO_2$ , AZV und AMV, Reduktion des Rechts-links-Shunts und der Zwerchfellarbeit, Senkung erhöhter  $P_aCO_2$ -Werte durch verbesserten Gasaustausch und Sekretmobilisation [1, 7, 9, 10, 12, 16, 18, 20, 25, 26]. Unerwünschte Nebeneffekte sind eine Senkung des HMV sowie des CPP, wobei diesen Veränderungen keine klinische Relevanz zugeschrieben wird [10, 11, 21].

Im Rahmen unserer Untersuchung konnte ein positiver Effekt der CPAP-Masken-Atmung in Kombination mit inspiratorischen Druckunterstützung bei allen 30 Patienten mit Thoraxtrauma und initial nachgewiesener Gasaustauschstörung gezeigt werden. Unter dem vorgestellten Konzept wurden keine „non-responder“ registriert. Ein rascher Anstieg des  $P_aO_2$  unter moderaten  $F_{iO_2}$ -Werten von maximal 0,38 und eine prompte Normalisierung initial pathologisch erhöhter  $P_aCO_2$ -Werte kennzeichneten die dokumentierten Verläufe der BGA. Ähnliche Ergebnisse

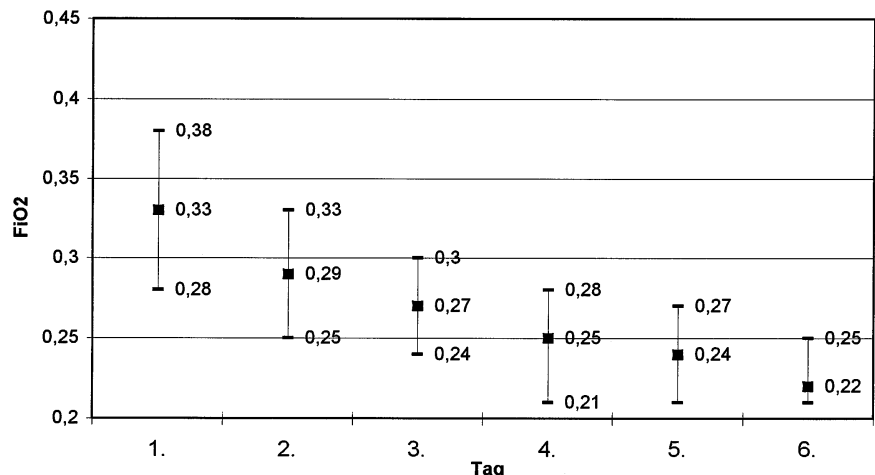


Abb. 5 ▲ Verlauf der angewandten Sauerstoffkonzentrationen bei 30 Patienten. Angabe der ermittelten Tagesmittelwerte sowie der Maximal- und Minimalwerte ( $F_{iO_2}$ -Verlauf,  $n = 30$ )



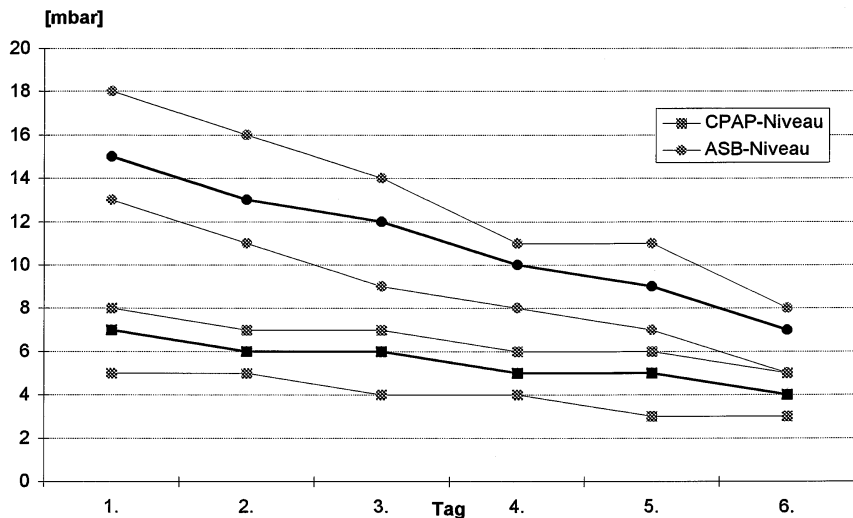


Abb. 6 ▲ Darstellung der Tagesmittelwerte von CPAP- und ASB-Niveau sowie Grenzwerte. Im Behandlungsverlauf wird die kontinuierliche Reduktion der gewählten Drücke deutlich ( $n = 30$ )

werden auch von anderen Autoren beschrieben [10, 12, 18, 25]. Steigende  $P_aCO_2$ -Werte als Ausdruck einer durch zu hohe Druckniveaus bedingten, unphysiologischen Anhebung der Atemarbeit wurden nicht beobachtet.

Greenbaum et al. beschreiben unter ihren Patienten als Komplikation einmal das Auftreten eines Pneumomediastinums, einmal eine Magenblähung sowie eine  $CO_2$ -Retention mit notwendiger Intubation in einem Fall [10]. Shivarum et al. berichten über 6 Patienten mit hyperkapnischem Atemversagen, die alle mittels Masken-CPAP behandelt werden konnten und bei denen keine Komplikationen auftraten [25].

Die Höhe der auftretenden Atemwegsdrücke wie auch die Atemarbeit hängen vom aktuellen Druckniveau ab. In der Literatur finden sich nur wenige konkrete Angaben zu den verwandten CPAP- und ASB-Werten, jedoch liegen diese im Bereich von 5–20 mbar [18, 19]. Bei der Wahl der Druckwerte sowohl für CPAP als auch für ASB wurden nicht nur die aktuelle BGA sondern auch der klinische Eindruck des Patienten und dessen eigene Einschätzung unter dem Aspekt der Atemarbeit mit einbezogen. Bei nicht erforderlicher Sedierung ermöglicht die erhaltene Kommunikationsfähigkeit des Patienten eine gute Kooperation, stetige Rückkopplung und die Vermeidung einer iatrogenen Erschöpfung [10, 12].

Wir führen die gute Akzeptanz der nicht immer angenehmen Behandlung

mit einer Gesichtsmaske auf die Verwendung eines komfortablen Maskentyps, mehr aber noch auf die insbesondere zu Beginn eingehende und individuelle Aufklärung der Patienten über Grund und Art sowie Alternativen der CPAP-Masken-Behandlung und aktuell erzielte Erfolge zurück. Durch Mitteilung der für die Patienten einfach nachvollziehenden Sauerstoffsättigung konnte die Compliance der Patienten teilweise deutlich gesteigert werden. Weichteilschäden im Gesicht, wie sie als mögliche Komplikationen beschrieben worden sind, traten bei der von uns verwendeten Maske nicht auf.

Bezüglich der bereits genannten Nebeneffekte konnten wir zwar bei einem Teil der Patienten einen leichten Anstieg des ZVD, jedoch keinen – mög-

licherweise aus dem konsekutiv reduzierten venösen Rückstrom resultierenden – Blutdruckabfall beobachten. Vielmehr kam es teilweise zu Anfang der Behandlung mit CPAP/ASB wohl infolge der zunächst gegenüber der Spontanatmung vermehrten Atemarbeit zur Erhöhung des arteriellen Mitteldruckes von 3–8 mm Hg. Nach Eingewöhnung waren solche Blutdruckveränderungen ab dem 3. Behandlungstag in der Regel nicht mehr nachzuweisen.

Auch Miro et al. [20] fanden selbst bei COPD-Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz keine Beeinträchtigung der Hämodynamik unter CPAP. Jousela [14] beobachtet keine Veränderungen des HMV unter Masken-CPAP vergleicht die Effekte der Spontanatmung über einen endotrachealen Tubus vs. Gesichtsmaske mit und ohne CPAP-Anwendung. Er beschreibt deutlich bessere  $P_aO_2$ -Werte unter Maskenatmung, die sich durch zusätzliche CPAP-Anwendung weiter steigern ließen. Auch andere Autoren berichten über die rasch einsetzende Wirkung der Behandlung mit CPAP, weisen jedoch auch auf die besonders anfänglich eben so rasch nachlassenden Effekte nach Absetzen hin. Hieraus resultiert die Forderung nach einer möglichst kontinuierlichen Anwendung und einer ausschleichenden Beendigung [12, 26].

Gachot et al. [8] behandelten 45 an Pneumocystis-carinii-Pneumonie erkrankte, HIV-positive Patienten, von denen 9 primär intubationspflichtig waren und 36 zunächst mittels Masken-CPAP therapiert wurden. Von diesen wurden 11 sekundär intubationspflichtig, 25 Patienten konnten mittels CPAP

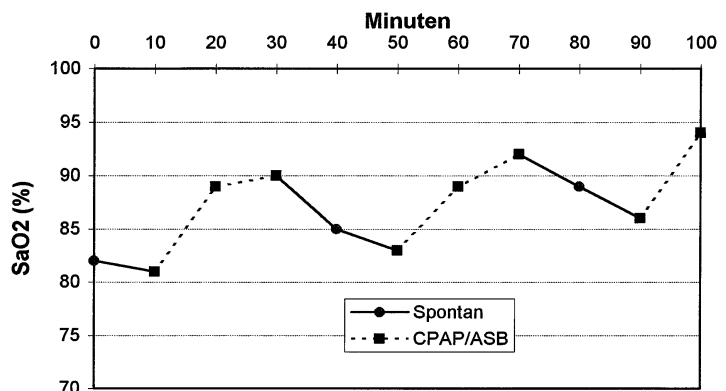


Abb. 7 ▲ Verlauf der Sauerstoffsättigung ( $S_aO_2$ ) zu Beginn der CPAP/ASB-Anwendung bei einem Verletzten mit Thoraxtrauma. Der Effekt der gesteigerten Oxygenierung wird im Wechsel zwischen augmentierter und spontaner Atmung deutlich, wobei jeweils Raumluftsaurestoffkonzentration verwandt wurde

weiterbehandelt werden. Die Letalität unter den 20 intubierten Patienten betrug 30 % (6/20), unter den 25 mittels Masken-CPAP Behandelten lediglich 8 % (2/25).

Über eine geringere Mortalität unter nicht-invasiver Beatmungstherapie berichten auch Meduri et al. [19], die eine Gruppe von 164 Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz unterschiedlicher Genese auswerten. Die Letalität lag unter den intubierten Patienten bei 21 gegenüber 7 % unter den mit nicht-invasiver Maskenbeatmung behandelten. Bezüglich der unterschiedlichen Letalitätsangaben sind neben den geringeren Nebenwirkungen beziehungsweise Komplikationen der nicht-invasiven Beatmungstherapie auch verschiedene Schweregrade der Grundkrankung zu berücksichtigen.

Eine Reihe von Autoren spricht sich aufgrund eigener, positiver Erfahrungen mit der CPAP/ASB-Behandlung über eine Maske deutlich für eine breitere Anwendung dieses Therapiekonzepts aus [2, 4, 8, 10, 18, 20].

## Fazit für die Praxis

Die nicht-invasive Beatmungstherapie mit CPAP/ASB über Masken ermöglicht die Behandlung der respiratorischen Insuffizienz verschiedener Ursache. Die Nachteile einer Intubation können somit vermieden werden. Die Behandlung mit CPAP/ASB selbst ist nach Literaturangaben und eigenen Erfahrungen bei patientenorientiertem Therapiekonzept als nahezu komplikationslos zu bezeichnen. Die Hauptvorteile sind folgende: wacher und kooperationsfähiger Patient, voll erhaltene Eigenatmung, rasche Verbesserung des Gasaustausches, exzellente Sekretmobilisierung, physiologische perorale Ernährung, keine Immobilisierung durch frühe selbstunterstützte Mobilisierung des Patienten, keine Weaning-Erfordernis, kein Entzugssyndrom, kürzere Behandlungszeiten, Vermeidung tubus- oder beatmungsassoziierter Probleme.

Überschaut man die Literatur, so wird ein sehr weites Indikationsspektrum für die Anwendung augmentierender Beatmungsverfahren genannt. Eingehende Studien haben Wirkungsweise und Effekte hinreichend geklärt, so daß es sich durchaus um eine ‚etablierte‘, aber dennoch nicht ‚verbreitete‘

Therapieform handelt. Weitere Untersuchungen sollten insbesondere die Grenzen der Einsatzmöglichkeiten – wie auch z. B. für die Behandlung der respiratorischen Insuffizienz im Rahmen des Thoraxtraumas – herausstellen. Feste Indikationen mit klaren Grenzen – wann ist CPAP/ASB möglich / wann sollte oder muß intubiert werden? – können sicher wirksamer zur Anwendung motivieren, basieren jedoch auf Detailerfahrungen. Diese können wiederum nur durch einen breiten Einsatz dieses Behandlungsverfahrens gewonnen werden, was hiermit ausdrücklich empfohlen sei.

## Literatur

1. Appendini L, Patessio A, Zanaboni S, Carone M, Gukov B, Donner CF, Rossi A (1994) **Physiologic effects of positive end-expiratory pressure and mask pressure support during exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease.** *Am J Respir Crit Care Med* 149: 1069–1076
2. Barach AL, Swenson P (1939) **Effect of breathing gases under positive pressure on lumens of small and medium sized bronchi.** *Arch Intern Med* 63: 946–948
3. Becker H, Brandenburg U, Peter JH, Schneider H, Weber K, Wichert von P (1993) **Indikation und Applikation der BIPAP-Therapie.** *Pneumologie* 47 [Suppl 1] 184–188
4. Brett A, Sinclair DG (1993) **Use of continous positive airway pressure in the management of community acquired pneumonia.** *Thorax* 48: 1280–1281
5. Buford TH, Burbank B (1945) **Observations on certain physiologic fundamentals of thoracic trauma.** *J Thorac Surg* 14: 415–424
6. Bunnell S (1912) **The use of nitrous oxide and oxygen to maintain anesthesia and positive pressure for thoracic surgery.** *JAMA* 58: 835–838
7. Ferguson GT, Benoist J (1993) **Nasal continous positive airway pressure in the treatment of tracheobronchomalacia.** *Am Rev Respir Dis* 147: 457–461
8. Gachot B, Clair B, Wolff B, Régnier B, Vachon F (1992) **Continous positive airway pressure by face mask or mechanical ventilation in patients with human immunodeficiency virus infection and severe pneumocystis carinii pneumonia.** *Intensive Care Med* 18: 155–159
9. Goldberg P, Reissmann H, Maltas F, Ranieri M, Gottfried SB (1995) **Efficacy of noninvasive CPAP in COPD with acute respiratory failure.** *Eur Respir J* 8: 1984–1990
10. Greenbaum DM, Millen JE, Eross B, Snyder JV, Grenvik A, Safar P (1976) **Continous positive airway pressure without tracheal intubation in spontaneously breathing patients.** *Chest* 69: 615–620
11. Hormann C, Mohsenipour I, Gottardis M, Benzer A (1994) **Response of cerebrospinal fluid pressure to continous positive airway pressure in volunteers.** *Anesth Analg* 78: 54–57
12. Iapichino G, Gavazzeni V, Mascheroni D, Bordone G, Solca M (1991) **Combined use of mask CPAP and minitracheotomy as an alternative to endotracheal intubation.** *Intens Care Med* 17: 57–59
13. Jensen NK (1952) **Recovery of pulmonary function after crushing injury to the chest.** *Chest* 22: 319–346
14. Jousela I (1993) **Endotracheal tube versus face mask with and without continous positive airway pressure (CPAP).** *Acta Anaesth Scand* 37: 381–385
15. Karlsten R, Englesson S (1993) **An alternative method of increasing PCO2 using apnoea and continous positive airway pressure.** *Br J Anaesth* 70: 411–413
16. Kilger E, Briegel J, Haller M, Hummel T, Groh J, Dienemann H, Welz A, Forst H (1995) **Nichtinvasive Beatmung nach Lungentransplantation.** *Med Klin* 90 [Suppl 1]: 26–28
17. Kribbs NB, Pack AI, Kline LR, Getsy JE, Schuett JS, Henry JN, Maislin G, Dinges DF (1993) **Effects of one night without nasal CPAP treatment on sleep and sleepiness in patients with obstructive sleep apnea.** *Am Rev Respir Dis* 147: 1162–1168
18. Lucas de P, Tarancon C, Puente L, Rodriguez C, Tattay E, Monturiol JM (1993) **Nasal continous positive airway pressure in patients with COPD in acute respiratory failure. A study of the immediate effects.** *Chest* 104: 1694–1697
19. Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, Wundering R, Tolley E (1996) **Noninvasive positive pressure ventilation via face mask. First-line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure.** *Chest* 109: 179–193
20. Miro AM, Shivaram U, Hertig I (1993) **Continous positive airway pressure in COPD patients in acute hypercapnic respiratory failure.** *Chest* 103: 266–268
21. Montner PK, Greene ER, Murata GH, Stark DM, Timms M, Chick TW (1994) **Hemodynamic effects of nasal and face mask continous positive airway pressure.** *Am J Respir Crit Care Med* 149: 1614–1618
22. Peters J, Hecker B, Neuser D, Schaden W (1993) **Regional blood volume distribution during positive and negative airway pressure breathing in supine humans.** *J Appl Physiol* 75: 1740–1747
23. Poulton EP, Oxon DM (1936) **Left-sided heart failure with pulmonary edema: Ist treatment with the "pulmonary plus pressure machine".** *Lancet* 231: 981–983
24. Richard D, Branson RRT (1988) **PEEP without Endotracheal Intubation.** *Respir Care* 33: 598–610
25. Shivaram U, Cash ME, Beal A (1993) **Nasal continous positive airway pressure in decompensated hypercapnic respiratory failure as a complication of sleep apnea.** *Chest* 104: 770–774
26. Stock MC, Downs JB, Corkran ML (1984) **Pulmonary function before and after prolonged CPAP by mask.** *Crit Care Med* 12: 973–974