

II – 1.5 Beatmung (B)

Atemkontrolle

Um das Vorhandensein oder Fehlen einer spontanen Atmung beurteilen zu können, sollte der Helfer sein Ohr an Mund und Nase des Patienten bringen und dabei die Atemwege freihalten. Dann sollte der Helfer den Brustkorb des Patienten beobachten und erstens sehen, ob er sich hebt und senkt, zweitens hören, ob Luft während der Ausatmung entweicht, drittens den Luftstrom spüren. Wenn sich der Brustkorb nicht hebt und senkt, keine Luft ausgeatmet wird, liegt ein Atemstillstand vor.

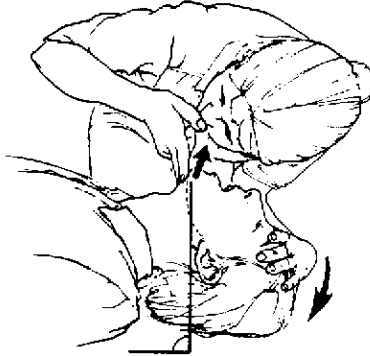


Abb.: Feststellung des Atemstillstandes

Ursachen

Zu differenzieren sind:

- Anoxische Hypoxie: Störungen der Atemgaszusammensetzung, der Ventilation oder des Gasaustausches bewirken eine ungenügende Hämoglobinoxygenierung (Gase).
- Stagnationshypoxie: Das oxygenierte Blut erreicht infolge von Perfusionsstörungen nicht das Gewebe (Schock).
- Anämische Hypoxie: Die Sauerstofftransportkapazität des Blutes ist vermindert (CO-Intox.).
- Histotoxische Hypoxie: Die Sauerstoffutilisation der Zellen ist gestört (Blausäure).

Folgen

Tab.: Sauerstoffmangel – Folgen:

	leicht	schwer	präfinal
Atmung	vertieft und beschleunigt Dyspnoe	vermindert	Atemstillstand Schnappatmung
Kreislauf	Tachykardie	Bradykardie	Bradyarrhythmie Herzstillstand
Zentralnervensystem	Unruhe, Verwirrtheit, Bewußtseins- trübung	Bewußtlosigkeit, Krämpfe	Reflexlosigkeit Pupillenerweiterung
Haut	Zyanose oder Blässe kalter Schweiß		

Therapie

Beim Atemstillstand ist die Mund-zu-Nase-Beatmung mit Ausatemungsluft vorrangig. Die Ausatemungsluft enthält 16–18% Sauerstoff, also ausreichend für die Wiederbelebung. Man erzielt bei dieser Methode Werte im arteriellen Blut, die für das PCO_2 bei 30–40 mm Hg liegen, für das PO_2 bei 75 mm Hg bei über 90% Sauerstoffsättigung.

Beim Atemstillstand wird zunächst 2mal innerhalb 3–4 sec. beatmet. Ist der Karotispuls vorhanden, wird die Atemspende 12mal pro Minute fortgesetzt.

Intubieren wäre am Anfang der Reanimation ein unnötiger Zeitverlust. Das heißt erst beatmen, dann intubieren!

II – 1.5.1 Frischluftzufuhr

Bei schwacher Atmung sofort Frischluft, besser mit Sauerstoff angereicherte Luft, zuführen. Eine zusätzliche Zufuhr von Sauerstoff – falls verfügbar – ist immer zu empfehlen (Dosierung 4 bis 6 l/min).

Es gilt der Grundsatz, die Sauerstoffdosierung so hoch wie nötig und so gering und kurz wie möglich zu bemessen. Die üblicherweise verwendeten mobilen Druckgasquellen für Sauerstoff liefern einen Flow von 4 l/min. Mit dieser Dosierung lassen sich, sofern der Sauerstoff über eine Nasensonde insuffliert oder einen Beatmungsbeutel ohne O_2 -Reservoir zugeführt wird, inspiratorische O_2 -Konzentrationen von 30 bis 40 Vol. % erzielen.

Für Rettungssanitäter, Ärzte und Notärzte, die über eine entsprechende Ausstattung (Notfallkoffer) verfügen, gilt Sauerstoff als das Medikament der ersten Wahl, das bei jedem Notfallpatienten, gleichgültig an welcher der vitalen Funktionen die primäre Störung ansetzt und ob Zeichen einer respiratorischen Insuffizienz erkennbar sind, anzuwenden ist. Bei erhaltener Spontanatmung ist eine minimale O_2 -Zufuhr von 4 l/min im Regelfall über eine Nasensonde sicherzustellen.

II – 1.5.2 Atemspende

Indikationen zur Beatmung bei akuten exogenen Intoxikationen

Indikationen	Vorkommen bei
Zentrale Atemlähmung	Schlafmittel, Psychopharmaka, Opiate, Alkohol, Alkylphosphate, Lösungsmittel.
Periphere Atemlähmung	Curare, Bariumsalze, Thallium (aufsteig. Paralyse).
Förderung der pulmonalen Giftelimination	Halogen-Kohlenwasserstoffe, (Lösungsmittel) (s. F. 10)
Respiratorische Insuffizienz bei Veränderungen am Lungenparenchym und an den Luftwegen	
1. toxisch bedingtes Lungenödem	Reizstoffinhalation, vom Soforttyp (z.B. Chlorgas, Ammoniak) oder Latenztyp (Nitrose Gase, Phosgen)
2. toxisch bedingte Bronchorrhoe Bronchokonstriktion	Alkylphosphate (Phosphorsäureester)
Störung des Sauerstofftransports	CO, Met-Hb-Bildner (Nitrite, Nitrate, Chlorate, aromatische Amino- und Nitroverbindungen), Ölembolie*
Störung der Sauerstoffverwertung	Cyanide
Behinderung der Atmung durch Krämpfe	Methaqualon, INH, Chlorkohlenwasserstoffe, Pyrazolon, Strychnin, Malariamittel, Etherische Öle, Wasser (Hirnödem)
Normalisierung einer toxisch bedingten Hyperventilation	Salizylatvergiftung

* Die pulmonale Ölembolie, meist iatrogen durch versehentliche intravenöse Injektionen öligter Medikamente. Keine Gefahr, solange die kritische Menge von 4–5 ml nicht überschritten wird. Dyspnoe kann allerdings einige Tage anhalten.

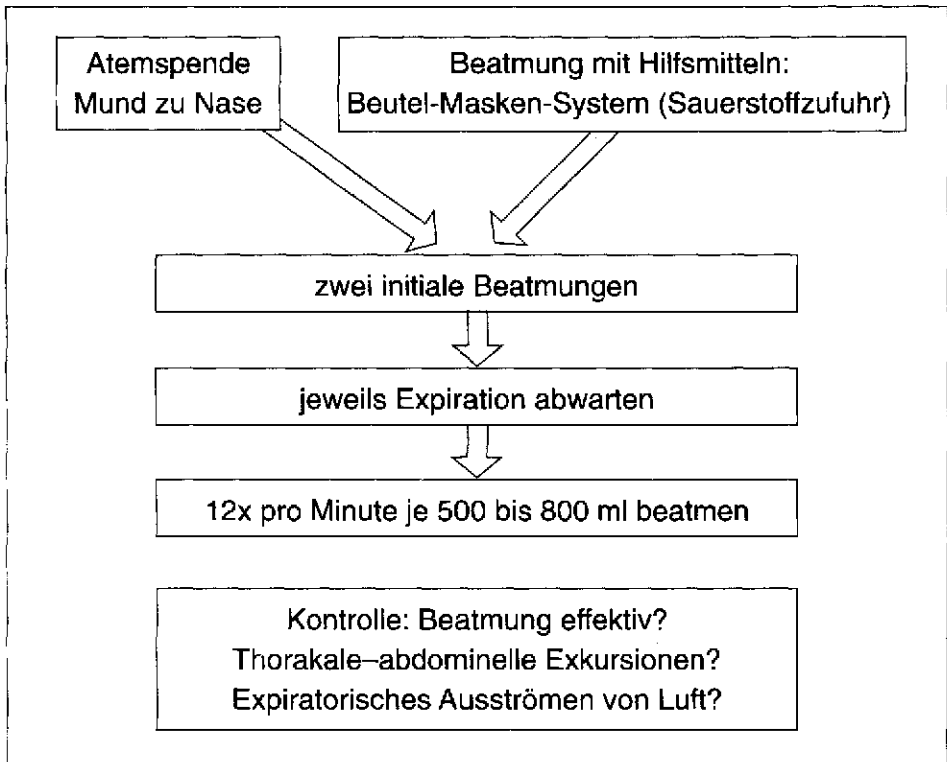


Abb.: Beatmung mit und ohne Hilfsmittel

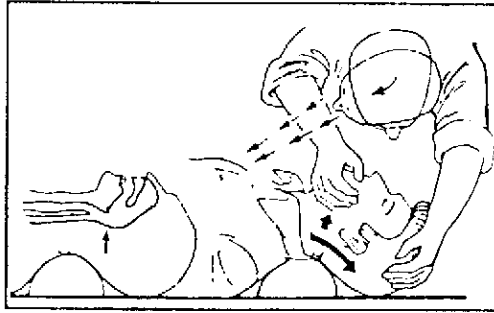
Atemspende Mund-zu-Nase

Bei Patienten mit blauen Lippen, aber vollem Bewußtsein sofort mit der Atemspende beginnen, am besten mit einem Beatmungsbeutel; wenn nicht vorhanden, durch Mund-zu-Nase-Beatmung (Kinder Mund-zu-Mund und Mund-zu-Nase). Hierbei wird bei dem auf dem Rücken liegenden Vergifteten mit beiden Händen der Kiefer rücklings nach oben gezogen, der Kopf im Nacken möglichst weit nach hinten gebeugt, ein Taschentuch über die Nase gelegt, der Mund zugehalten und nach einem tiefen Atemzug des Retters sowie Aufpressen seines Mundes auf die Nase des Vergifteten seine Ausatemungsluft dem Vergifteten ein-geblasen. Der Retter holt nun erneut Luft und vermeidet den Kontakt mit der Ausatemungsluft des Vergifteten. Den Erfolg der Beatmung sieht man daran, daß sich der Brustkorb des Vergifteten beim Einatmen hebt und beim Ausatmen senkt.

Die Anwendung von Barrieren (Folien, Masken) wird grundsätzlich zur Verringerung eines (theoretischen) Vergiftungsrisikos empfohlen. Festzuhalten bleibt dabei aber, daß die Gefahr als extrem gering eingeschätzt werden kann.

Die Atemspende beginnt mit zwei langsamen Insufflationen. Die Zeitdauer der Insufflation soll 1 bis 1,5 Sekunden betragen und die zweite Insufflation soll erst nach völligem Ausströmen der vorangehend insufflierten Atemluft beginnen.

Die Beatmungsfrequenz beträgt bei Erwachsenen 12mal pro Minute, bei Kindern 30mal pro Minute.



Ausreichend Zeit sollte für die Atemspenden (1 bis 1,5 Sekunden pro Atemspende) aufgewendet werden, um eine gute Brustkorbausdehnung zu erreichen und die Wahrscheinlichkeit der Magenaufblähung zu verringern. Die Zeitangaben »pro Atemspende« beziehen sich eigentlich auf die Inspirationszeit des Patienten. Der Helfer sollte nach jeder Atemspende selbst einatmen und jede einzelne Beatmung sollte so viel Volumen haben, daß sich der Brustkorb des Patienten hebt. Bei den meisten Erwachsenen wird dieses Volumen etwa 800 ml (0,8 l) betragen. Eine ausreichende Ventilation braucht im Regelfall 1 200 ml (1,2 l) nicht zu überschreiten. Zu große Atemvolumina und zu schneller inspiratorischer Gasstrom können leicht den Druck im Rachen so weit anheben, daß der Ösophagus-Öffnungsdruck überschritten wird und damit Luft in den Magen gelangen kann, die dort zu einer Überdehnung des Magens führt. Indikatoren für eine ausreichende Beatmung sind erstens das Heben und Senken des Brustkorbes und zweitens das Hören und Fühlen des Luftstroms während der Ausatmung.

Der Beatmungseffekt muß durch Sehen (Heben und Senken des Thorax während der Beatmung), Hören und Fühlen (Ausströmen der Exspirationsluft) ständig überprüft werden.

Mund-zu-Nase-Beatmung

Vorteile:

- Bei geschlossenem Mund sind die Atemwege optimal geöffnet.
- Die Technik der Mund-zu-Nase-Beatmung ist einfacher, da durch den Mund des Helfers eine sichere Abdeckung der Nase des Opfers möglich ist.
- Durch die Mund-zu-Nase-Beatmung kommt es zu einer Verringerung der Regurgitationsgefahr; bei der Einatmung über die Nase kommt es automatisch zu einer Druckminderung einer eventuell übermäßig heftigen Insufflation.
- Bei zahnlosen Patienten oder bei Trismus kann über die Nase einfacher beatmet werden.
- Gerade bei vergifteten Patienten mit Erbrechen ist es ästhetisch einfacher, über die Nase als über den Mund zu beatmen.
- Eine AIDS-Infektionsgefahr ist minimiert.

Atemspende bei Kindern

Die kombinierte Mund-zu-Mund- und Mund-zu-Nase-Beatmung des Säuglings erfolgt bei nur submaximaler Kopfüberstreckung. Atemzugvolumen und Beatmungsfrequenz richten sich nach Alter und Gewicht des Kindes. Die Herzdruckmassage wird mit zwei Fingern, bei größeren Kindern mit dem Handballen durchgeführt. Auch Kompressionstiefe und -frequenz sind altersabhängig. Als Richtgröße für das Atemzugvolumen gilt: $\text{Atemzugvolumen (ml)} = \text{kg KG} \times 10$. Die Beatmungsfrequenz für Neugeborene und Säuglinge beträgt 30 bis 40/min, die für Kleinkinder ca. 20/min.

Beatmung mit Hilfsmitteln

Masken-Beutel-Beatmung

Zur Ausrüstung von Kranken- und Rettungswagen sowie Notfalltaschen bzw. -koffern stehen einfache, wirkungsvolle Geräte für die Beatmung zur Verfügung. Die Geräte bestehen aus einem *Beutel*, einem *Atemventil* und einer *Maske* (AMBU-Beutel®). Nach jeder Beatmung füllt sich der Beutel selbsttätig mit Frischluft. Eine zusätzliche Zufuhr von *Sauerstoff* ist möglich und immer zu empfehlen, falls Sauerstoff am Unfallort zur Verfügung steht. Bei einer Anwendung von 4 bis 6 l/min läßt sich die inspiratorische O_2 -Konzentration auf ca. 40 Vol. % anheben. Optimal ist die Verwendung eines *Reservoir-Beutels*, der an den Beatmungsbeutel angesteckt wird und der bei entsprechend hohem O_2 -Flow effektive Sauerstoffkonzentrationen von über 90 Vol. % ermöglicht.

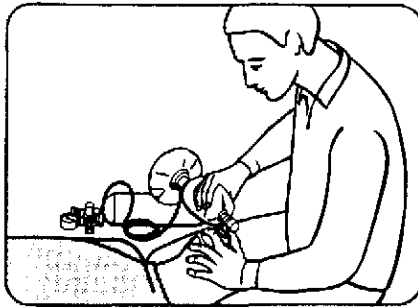


Abb.: Masken-Beutel-Beatmung

Zur Beatmung mit dem Beatmungsbeutel wird das dreieckige Mundstück mit der Spitze nach oben auf Mund und Nase gesetzt, der Unterkiefer mit derselben Hand nach oben gezogen und mit der anderen Hand der Beutel etwa bis zur Hälfte zusammengedrückt. Am Ende des Beutels sollte eine Sauerstoffleitung angeschlossen werden, da mit sauerstoff-angereicherter Luft beatmet werden sollte. Richtige Maskengröße wählen.

- Um eine suffiziente alveoläre Ventilation sicherzustellen, ist besonders auf ein ausreichendes Abdichten des Mundes bei der Mund-zu-Nase-Beatmung zu achten.
- Werden Kopfüberstreckung und Vorziehen des Unterkiefers während der Luftinsufflation nicht (genügend) eingehalten, ist ein hoher Beatmungsdruck erforderlich, der häufig über dem Ösophagus-Verschlußdruck liegt. Durch ein zu großes Atemzugvolumen (über 1 Liter) wird der Druck im Nasen-Rachen-Raum des Patienten zu hoch, und ein Teil des insufflierten Volumens gelangt über den Ösophagus in den Magen. Ein luftgefüllter Magen erhöht nicht nur die **Regurgitations- und Aspirationsgefahr**, sondern führt auch über einen **Zwerchfellhochstand** zu einer weiteren Abnahme der Compliance.
- Bei zu geringem Beatmungsvolumen (unter 500 ml) oder zu niedriger Atemfrequenz ist eine ausreichende Ventilation nicht sichergestellt und die Beatmung uneffektiv (Rossi).

Zufuhr höherer O_2 -Konzentrationen

Höhere O_2 -Konzentrationen lassen sich entweder durch einen höheren O_2 -Flow, durch Verwendung eines Narkose-Kreisssystems, einen Beatmungsbeutel mit Reservoir oder ein aus Maske, Nichtrückatemventil und O_2 -Reservoir bestehendes System erreichen. Der höhere O_2 -Flow und das Narkosekreisssystem sind nur im Rettungswagen oder im Rettungshubschrauber verfügbar. Ein dem Beatmungsbeutel oder einer Atemmaske mit Nichtrückatemventil vorgeschaltetes Reservoir ermöglicht auf ökonomische Art und Weise je nach der Größe des Atemminutenvolumens bei einem O_2 -Flow von 4 l/min eine inspiratorische O_2 -Konzentration von 40 bis 65 Vol.-% (3). Die hohen Konzentrationen sind in Fällen von schwerster Ateminsuffizienz, der CO-Intoxikation und zur raschen Auffüllung des pulmonalen O_2 -Speichers beim Atem- und Herz-Kreislauf-Stillstand erforderlich. Dies ist nur mit einem Narkosekreisteil oder bei Ver-

wendung des Handbeatmungsgerätes mit Reservoir ab einem O_2 -Flow von 50 Prozent des Atemminutenvolumens möglich. Sofern es sich nicht um einen Patienten mit chronisch vorgeschädigter Lunge handelt, ist außerdem der Einsatz von PEEP von vornherein zu erwägen.

Die Notfallmedizin ist nicht zuletzt dadurch gekennzeichnet, daß wir vordergründig einfach zu bedienende und wenig störanfällige Geräte einzusetzen haben. Diese Forderung gilt ganz besonders für Beatmungsgeräte.

PEEP

Durch Verwendung eines PEEP-Ventils (positiv endexpiratorischer Druck) beim endotracheal intubierten Patienten kann der Gasaustausch in einer Reihe von Situationen mit akuter respiratorischer Insuffizienz zusätzlich verbessert werden.

PEEP führt zu einem Anstieg der funktionellen Residualkapazität und verhindert so das Kollabieren der Lungeneinheiten während der Expiration. Weiterhin fördert er die Wiedereröffnung atelektatischer Bezirke, reduziert die Shunt-Fraktion (\dot{Q}_s/\dot{Q}_T) und optimiert das Ventilations-Perfusions-Verhältnis (\dot{V}_A/\dot{Q}). Auf diese Weise wird der arterielle Sauerstoffpartialdruck erhöht und die Sauerstoffaufnahme des Gewebes oft gesteigert. Bei PEEP-Niveaus über 5 cm H_2O kann durch Zunahme der Totraumventilation die Shunt-Durchblutung wieder ansteigen und durch die verringerte Preload das Herzzeitvolumen abnehmen. Dies gilt besonders für Hypovolämie. Weiterhin steigt bei PEEP der pulmonale Gefäßwiderstand an, so daß eine manifeste oder latente Rechtsherzinsuffizienz eine Kontraindikation darstellt. Im Gegensatz dazu kann sich bei Linksherzinsuffizienz ein niedriger PEEP günstig auf das Herzzeitvolumen auswirken. Bei hohen Beatmungsdrücken muß zusätzlich mit einem gehäuften Auftreten von Barotraumen gerechnet werden. Insgesamt entsteht bei akuten diffusen Lungenparenchymerkrankungen der größte Nutzen für die Sauerstoffversorgung des Gewebes mit der geringsten Beeinträchtigung der Hämodynamik.

PEEP – prophylaktisch

Der Einsatz von PEEP oder kontinuierlich positivem Atemwegsdruck (CPAP) beim spontan atmenden Patienten zeigte als prophylaktische Maßnahme eine deutliche Reduktion beim Auftreten eines akuten Atemnotsyndroms bei gefährdeten Patienten.

Eine frühzeitige Anwendung von positiv endexpiratorischen Drücken hat einen deutlich schnelleren Anstieg des Sauerstoffpartialdruckes zur Folge als eine herkömmliche einfache Überdruckbeatmung.

PEEP – chronisch

Typisch für schwere Schlafmittelintoxikationen ist die allmählich fortschreitende respiratorische Insuffizienz durch generalisierte intrapulmonale Veränderungen (Synonym: »Schocklunge«, »Beatmungslunge« und »akutes Atemnotsyndrom des Erwachsenen«), die zur Diffusionsstörung führen. Sie äußert sich in der Blutgasanalyse durch unter die Altersnorm erniedrigte pO_2 -Werte (Partialinsuffizienz) und zwingt im Verlauf der Beatmung zu immer höheren O_2 -Konzentrationen, um einen arteriellen pO_2 -Wert zwischen 70 und 90 mm Hg aufrechtzuerhalten. Schließlich gelingt es auch mit reiner Sauerstoffbeatmung nicht mehr, die Hypoxie zu beherrschen und irreversible Organschädigungen zu verhindern. Röntgenologisch zeigt sich diese Form der progredienten respiratorischen Insuffizienz anfangs durch diskrete milchige Eintrübungen als Ausdruck des interstitiellen Ödems, die später in eine völlig homogene Verschattung beider Lungen übergehen. Pathologisch-anatomisch findet sich regelmäßig das Vollbild der sog. »Schocklunge«, gekennzeichnet durch ausgedehnte Thrombosierung der pulmonalen Endstrombahn.

Dagegen gelang es durch Beatmung mit positiv-endexpiratorischem Druck (PEEP), ihr Auftreten zu verhindern und sogar bereits nachweisbare Störungen, wie Hypoxie und röntgenologische Veränderungen im Frühstadium, noch zur Rückbildung zu bringen, während diese früher schicksalmäßig vom interstitiellen Lungenödem zur festen steifen Lunge mit verdichteten Alveolarsepten und hyalinen Membranen führten.

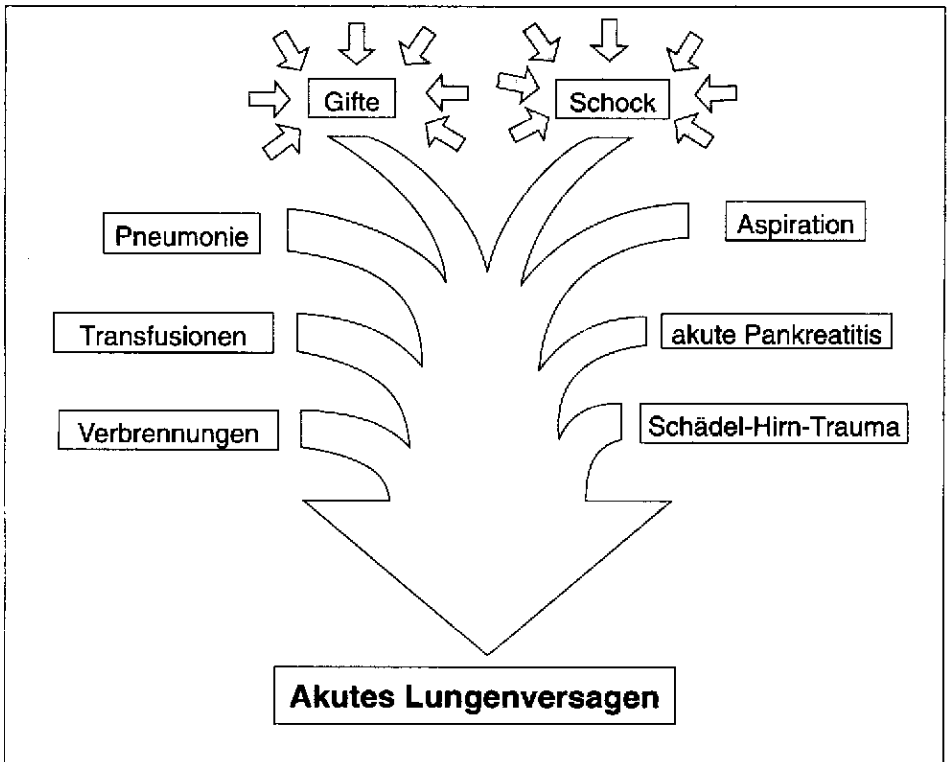


Abb.: Eine Vielzahl verschiedener Ursachen führt zum akuten Lungenversagen

Empfohlene Vorgehensweise:

- Die Indikation zur Beatmung bei Schlafmittelvergiftungen wird gestellt bei
 - akuter arterieller Hypoxie mit Werten, die den altersentsprechenden Normwert um mehr als 10 mm Hg unterschreiten,
 - akuter Hyperkapnie mit $p\text{CO}_2$ -Werten über 45 mm Hg.
 Als relative Indikation gilt die röntgenologisch nachgewiesene Aspiration von Magensaft.
- Die Durchführung erfolgt gewöhnlich über einen nasalen oder – seltener – oralen Tubus. Dabei ist die orale Intubation dann vorzuziehen, wenn nasal nur ein dünner Tubus verwendet werden könnte, weil die Gefahr der Lungenverletzung durch zähen Schleim besteht. Jede Sauerstoffbeimengung zum Atemgemisch wird – außer in der initialen Phase der Notfallversorgung – vermieden. Gelingt es unter Beatmung mit physiologischem Sauerstoffgehalt der Einatemluft bei einer Atemfrequenz von 12–16 Atemzügen pro Minute und einem Atemzugvolumen von 10–15 ml/kg Körpergewicht – sofern es sich um einen Patienten ohne kardiopulmonale Vorerkrankungen handelt – nicht, einen altersentsprechenden Sauerstoffpartialdruck zu erreichen, wird ein endexpiratorischer Druck von 3–5 cm H₂O angewandt. Dadurch lassen sich der Kollaps kleiner Luftwege und Shuntbildungen in der Lunge auf ein Minimum reduzieren. Sind bereits Gasaustauschstörungen vorhanden, führt die PEEP-Beatmung zur Verminderung der Flüssigkeit in den Alveolen und zur Erhöhung des Druckgradienten zwischen Alveole und Kapillare und damit zum Rücktransport alveolärer interstitieller Flüssigkeit in die perialveolären Kapillaren und dadurch zur Besserung der Funktionsstörungen. Leicht erhöhte Sauerstoffkonzentrationen in der Einatemluft bis 30 mm Hg werden nur noch bei bereits bestehenden Diffusionsstörungen

zu Beginn der PEEP-Beatmung angewandt, dann aber rasch reduziert, wobei es nach 36–48 Std. fast immer möglich war, auf jeden Sauerstoffzusatz zu verzichten.

Wenn die Sauerstoffbeatmung über einen längeren Zeitraum erforderlich ist, muß sie allmählich, d.h. in einem Zeitraum von einem bis mehreren Tagen, jeweils um 2–3 cm H₂O bis auf 0 cm H₂O reduziert werden, weil anderenfalls die Gefahr erneuten Alveolarkollapses und eines überschießenden Flüssigkeitseinstroms in den intrathorakalen Raum besteht.

Als Nebenwirkung der PEEP-Beatmung kann es zum verminderten venösen Rückstrom zum Herzen mit Blutdruckabfall und Oligurie kommen. Ernstere Komplikationen, wie Spannungspneumothorax und Mediastinalemphysem, sind extrem selten (Späth).

Eine weitere unerwünschte Wirkung des PEEP ist die Zunahme des extravasalen Lungenwassers. Während ein PEEP von 5 cm H₂O das Lungengewicht senken kann, nimmt bei höheren endexpiratorischen Drücken das extravasale Wasser ständig zu. Die Ursachen hierfür sind nicht vollständig geklärt, wahrscheinlich spielen sowohl die Flüssigkeitstranssudation aus den Lungengefäßen ins Interstitium als auch Lungenepithelveränderungen und eine Abnahme des Surfactants eine Rolle.

Dies ist neben der Lungenüberdehnung auch einer der Gründe für die Abnahme der Compliance bei PEEP-Werten über 5 cm H₂O (Schütz, 1987).

Bei Atemnotsyndrom ist PEEP-Beatmung die Therapie der ersten Wahl. Die Abwägung, ob dabei die Anwendung von CPAP beim spontan atmenden Patienten durchgeführt werden sollte, ist extrem schwierig, ein lückenloses Monitoring ist obligat. Die Vermeidung von Trachealläsionen durch CPAP-Atemtherapie wird betont. Klare Indikationen für Beatmung mit PEEP stellen aber dar: Schock, Hyperkapnie, Azidose, Bewußtlosigkeit und Ermüdbarkeit.

In der Entwöhnungsphase ist die Anwendung von niedrigem CPAP zur Reduzierung der Hypoxämie eine hilfreiche, kontinuierlich bis zur Extubation durchzuführende Maßnahme.

Die Höhe des PEEP sollte nur langsam gesteigert werden unter Überwachung des cardiac output, mit dem Ziel, eine O₂-Konzentration in der Ausatemungsluft von weniger als 0,5 atm. zu erreichen. Die Angabe des »besten« PEEP kann ohne genauere Kenntnisse aus klinischen Studien über PEEP in bezug auf Lungenveränderungen, alveoläre O₂-Spannung und alveoläre Wanddehnung noch nicht gemacht werden. Die Beeinflussung der pulmonalen Gefäßdrücke und des Verschlusdrucks durch PEEP und CPAP sollte beachtet werden. Sowohl Extrapolation der Meßwerte als auch Unterbrechung des PEEPs für die Messung liefern keine realen Werte.