

Redaktion

W. Dick, Mainz
P. Lemburg, Düsseldorf
F.W. Schildberg, München
H.-P. Schuster, Hildesheim

Atemwegsmanagement

Die neuen ERC-Leitlinien 1998

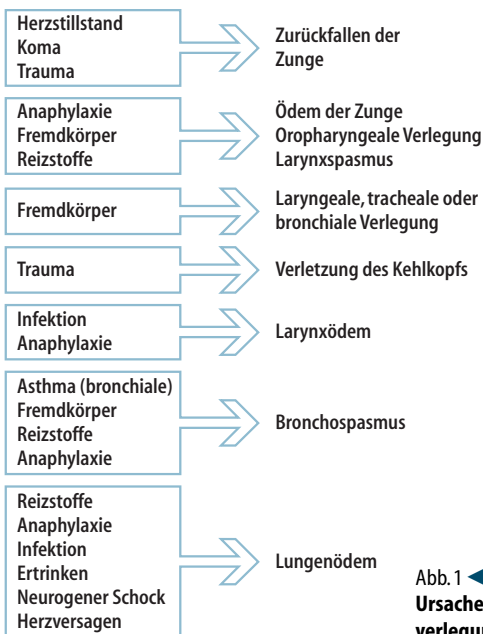
Leitlinien für das Management der Atemwege und der Beatmung während der Reanimation wurden bereits früher durch die Arbeitsgruppe Atemwegs- und Beatmungsmanagement des European Resuscitation Councils publiziert [1, 2]. Sie wurden bereits kommentiert [3]. Schnelle Beurteilung, Kontrolle der Atemwege und Sicherstellung der Beatmung sind essentiell, um einen hypoxischen Schaden von lebenswichtigen Organen, insbesondere des Gehirns, zu verhindern.

Die einfachen lebensrettenden Maßnahmen werden ohne spezielle Hilfsmittel durchgeführt. Die erweiterten lebensrettenden Maßnahmen implizieren den Einsatz verschiedener Techniken, Geräte und Medikamente. In den folgenden Leitlinien wurde das Basismanagement der Atemwegssicherung und Beatmung um einfache Atemwegshilfsmittel wie Absaugpumpen und Oropharyngealtuben, sowie Beatmungshilfen wie eine Taschenmaske oder Beatmungsbeutel-Maske erweitert. Oft wird medizinisches Personal, insbesondere Krankenschwestern, während ihres Reanimationstrainings im Gebrauch dieser Geräte ausgebildet. Die endotracheale Intubation gehört eindeutig

zur Kategorie der erweiterten lebensrettenden Maßnahmen und wird generell durch ärztliches Personal bzw. durch Rettungsassistenten unter ärztlicher Aufsicht und möglicherweise durch einzelne Fachkrankenschwestern durchgeführt. Die Larynxmaske oder der Combitubus stellen Alternativen für diejenigen ohne Intubationserfahrung dar, oder wenn eine Intubation nicht möglich ist.

Ursachen einer Atemwegsverlegung

Eine Verlegung der Atemwege kann teilweise oder vollständig vorliegen, und kann sich auf jedem Niveau ereignen (Abb. 1). Bei einem bewußtlosen Patienten verlegt die Zunge oder anderes weiches Gewebe häufig die Atemwege im Pharynx. Eine Verlegung kann auch durch Erbrochenes, Blut oder Fremdmaterial nach einem Trauma bedingt sein. Eine Obstruktion im Larynx kann als Folge eines Ödems, eines Spasmus, oder von inhalierten Fremdkörpern auftreten. Obstruktionen der Atemwege unterhalb des Larynx sind weniger häufig, können aber durch einen Bronchospasmus, Lungenödem, Ödeme der Schleimhäute, exzessive Bronchialsekretion, Aspiration von Mageninhalt oder durch eine Lungenblutung bedingt sein. Wenn



Originalliteratur: Bossaert L (1998) *The 1998 ERC Guidelines for the Management of the Airway and Ventilation during Resuscitation*. European Resuscitation Guidelines for Resuscitation. Elsevier, Amsterdam, S. 129–167; Copyright 1998 European Resuscitation Council (ERC). Reproduktion mit Erlaubnis des ERC.
Die Abbildungen 4, 5, 7–18 sind entnommen aus: Meursing BTJ, van Kesteren RG (Eds.) (1997) *Reanimatie*. Copyright 1987 Bunge (Elsevier's Bedrijfsinformatie). Reproduktion mit Erlaubnis von Elsevier's Bedrijfsinformatie, und B.T.J. Meursing und R.G. van Kesteren.

Abb. 1 ◀ Ursachen der Atemwegsverlegung

Übersetzung und verantwortlich für diesen Beitrag:
Dr. D. Elich, Klinik für Anästhesiologie
Klinik der Johannes-Gutenberg-Universität
Langenbeckstraße 1, D-55131 Mainz

die Atemwege nicht innerhalb einer sehr kurzen Zeit freigemacht werden (allgemein akzeptiert sind 2–5 Minuten, ausgenommen besondere Umstände, wie z.B. eine Hypothermie oder eine Intoxikation mit Sedativa oder Narkotika) kommt es zu einem zerebralen oder neurologische Schaden, oder zu Schäden anderer vitaler System, die irreversibel oder fatal enden können.

Einfaches Atemwegsmanagement

Basisüberprüfung der Atemwege und der Atmung

Die Atmung kann einfach durch Überprüfen des Bewußtseins, Beobachten von Thoraxbewegungen, Hören auf Atemgeräusche und Fühlen der Atemluft an der Wange des Helfers überprüft werden („sehen, hören, fühlen“ (Abb. 2)). Ungeöhnliche Geräuschqualität, unnormales Atemgeräusch, Schnaufen oder ein Stridor weisen auf eine teilweise Verlegung der Atemwege hin. Ein inspiratorischer „Stridor“ ist durch eine Verlegung der oberen Atemwege bedingt, während ein expiratorischer auf eine Obstruktion der tieferen Atemwege (z.B. einen Asthmaanfall) hinweist. Eine vollständige Verlegung der Atemwege führt bei Patienten, die bemüht sind, selbst zu atmen, zu paradoxen Bewegungen von Thorax und Abdomen (inverse Atmung), häufig unterstützt durch den Einsatz von Hilfsmuskeln. Bei der Überprüfung sollte auf andere Zeichen, wie Zyanose, Blässe, exzessive Salivation, Mageninhalt oder Fremdkörper in Mund oder Rachen oder Verletzungen von Oberkiefer, Gesicht oder Hals geachtet werden. Die Untersuchung von bewußtlosen Patienten sollte in der Lage durchgeführt werden, in der sie vorgefunden werden, insbesondere wenn Verletzungen vermutet werden. Wenn keine deutliche Atmung vorhanden ist, muß der Patient auf den Rücken gedreht werden, und der Kopf überstreckt, das Kinn angehoben und, falls notwendig, der Unterkiefer vorgezogen werden. Das Überstrecken des Kopfes ist bei Kontraindikationen z.B. bei Verdacht auf Halswirbelverletzungen, zu unterlassen.

Atemwegsmanagement durch einfache Maßnahmen

Kopf überstrecken. Dieses Manöver hebt die erschlaffte Zunge von der hinteren Rachenwand und die Epiglottis vom Larynxeingang durch Dehnen der vorderen Halsgewebe (Abb. 3) [4–9]. Praktische Erfahrung in der Anästhesie zeigt, daß die „Schnüffelposition“ des Kopfes und Halses zu einer optimalen Ausrichtung führt. Ein schmales Kissen unterhalb des Hinterkopfes flektiert den Hals und überstreckt den Kopf im Atlanto-Okzipitalgelenk.

Kinn anheben. Bei einigen Patienten können die oberen Atemwege freigemacht werden, indem zwei Finger unter das Kinn gelegt und dieses angehoben wird.

(Abb. 4). Diese Methode unterstützt weiter die Verschiebung der Zunge nach vorne, und vervollständigt das Überstrecken des Kopfes.

Kiefer vorziehen. Durch Anheben des Kiefers wird der Unterkiefer (und mit ihm die Zunge) nach vorne bewegt, indem die Zeigefinger proximal des Kinnwinkels plaziert werden. Die Daumen drücken leicht auf die Kinnschuppe um den Mund zu öffnen (Abb. 5). Diese Technik kann in Kombination mit der Kopfüberstreckung eingesetzt werden, um eine maximale Entfernung der Zunge von der hinteren Pharynxwand zu erreichen. Allerdings ist dies ermüdend und technisch schwieriger durchzuführen und kann nur für medizinisches Personal empfohlen werden.

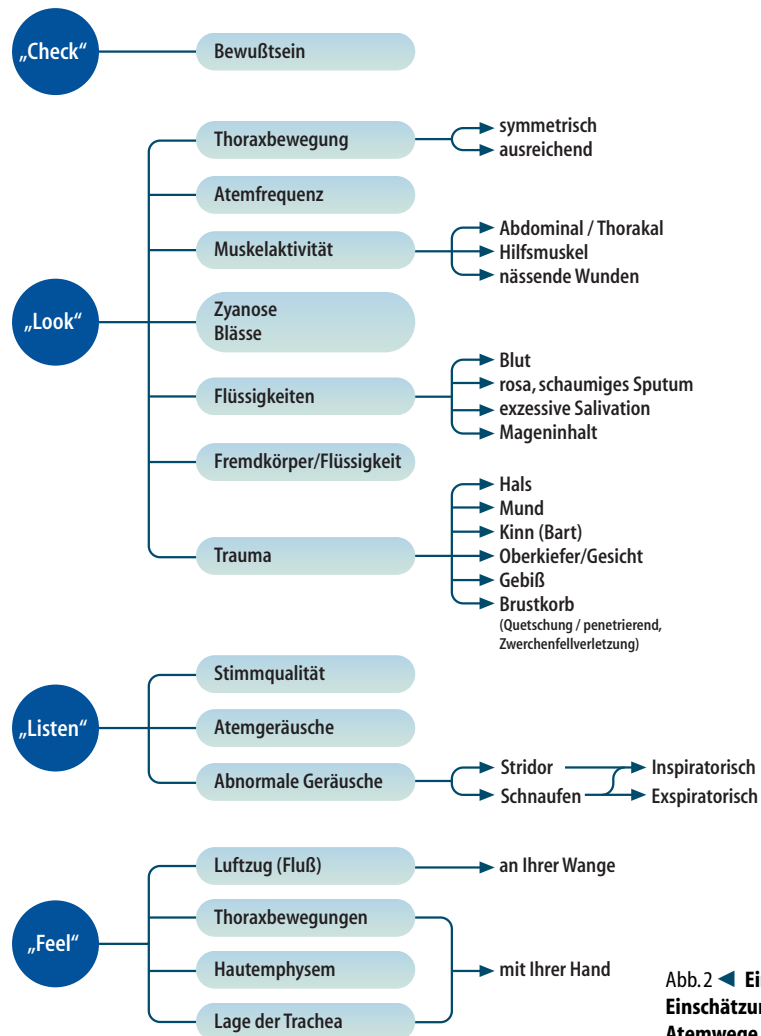


Abb. 2 ◀ Einfache Einschätzung der Atemwege und Atmung

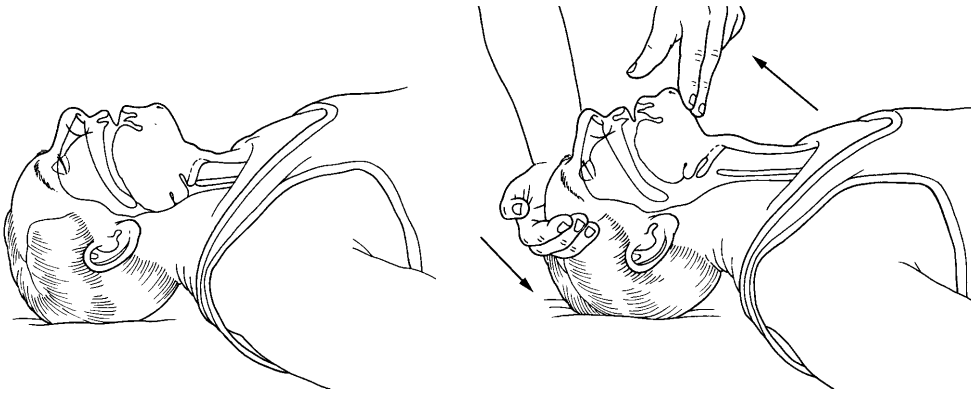


Abb. 3 ◀ **Kopf Überstrecken (Neue Technik).** Dieses Manöver hebt die Zunge von der hinteren Pharynxwand und die Epiglottis von der Kehlkopföffnung durch Streckung des vorderen Halsgewebes

Atemwegsmanagement bei Patienten mit Verdacht auf Halswirbelverletzung

Bei Verdacht auf eine Halswirbelverletzung (z.B. wenn der Patient gestürzt ist, auf den Kopf oder Nacken geschlagen wurde oder nach Eintauchen in flaches Wasser gerettet wurde) muß bei der Behandlung und Wiederbelebung Vorsorge getroffen werden, um die Ausrichtung von Kopf, Hals, Brust und Lumbalbereich in Neutralposition beizubehalten. Bei diesen Patienten kann das Überstrecken des Kopfes eine Verletzung verschlechtern und einen Schaden des zervikalen Rückenmarks bewirken. Die empfohlene Methode [10], um die Atemwege zu befreien, ist unter diesen Umständen das Anheben des Unterkiefers in Kombination mit einer manuellen „in-line“-Stabilisation von Kopf und Hals durch einen Assistenten (Abb. 6) [11]. Bei lebensbedrohlichen Atemwegsverlegungen trotz effektiven Kiefervorziehens kann ein Anheben des Kinns und ein leichtes Überstrecken des Kopfes gerechtfertigt sein.

Hilfsmittel für das einfache Atemwegsmanagement

Der Oropharyngealtubus

Der Oropharyngealtubus verringert eine Atemwegsobstruktion, indem er ein Zurückfallen der Zunge verhindert. Er stellt eine Erleichterung für den Helfer an Stelle eines verlängerten Kieferzugmanövers dar, auch wenn ein Anheben des Kinns häufig notwendig ist. Der Tubus schützt nicht vor Aspiration von Fremdkörpern. Eine Vielzahl von Grö-

ßen (von 000 bis 4) ist erhältlich. Die Größen 2 oder 3 sind für den durchschnittlichen Erwachsenen geeignet (Abb. 7).

Indikationen

- ▶ Obere Atemwegsobstruktionen, die durch Zurückfallen der Zunge und fehlenden glossopharyngealen Reflex bedingt sind.
- ▶ Als Beißschutz, wenn andere Atemwegshilfsmittel wie ein Endotrachealtubus oder eine Larynxmaske eingesetzt werden.

Kontraindikationen

- ▶ zusammengepreßter Kiefer,
- ▶ verletzlicher Zahnstatus,
- ▶ vorhandener glossopharyngealer Reflex,
- ▶ aktive Blutung im Hypopharynx,
- ▶ drohende Gefahr einer Regurgitation oder Erbrechen von Mageninhalt.

Ausstattung

- ▶ Tuben verschiedener Größe. Die Länge des Tubus sollte dem Abstand von den Schneidezähnen bis zum Kieferwinkel entsprechen,
- ▶ Gleitgel.

Vorgehen

- ▶ Der Patient wird in Rücken- oder Seitenlage gelegt.
- ▶ Der mit Gel versehene Tubus wird in umgekehrter Position in den Mund eingeführt und dann um 180° gedreht, so daß er am Gaumen vorbeigeht.
- ▶ Überprüfen Sie den uneingeschränkten Lufteintritt (ein zusätzliches Ziehen des Kinnes oder Anheben des Kiefers kann notwendig sein).

Gefahren

- ▶ Verletzungen von Lippen, Zähnen oder Gaumen.
- ▶ Provokation von Würgen, Erbrechen oder Auslösen eines Larynxspasmus bei vorhandenen Reflexen. Der Tubus muß bei ersten Anzeichen dafür sofort entfernt werden.

Einschränkungen. Der Tubus schützt nicht vor Aspiration von Fremdmaterial. Die Beatmung muß mit einer Beatmungsmaske erfolgen.

Veränderungen. Ein geblockter Oropharyngealtubus (COPA) kann effektiver als der traditionelle Oropharyngealtubus



Abb. 4 ▲ **Kinn Anheben.** Die oberen Atemwege können offengehalten werden, indem zwei Finger unter das Kinn gelegt werden und es angehoben wird



Abb. 5 ◀ **Vorschieben des Kiefers.**
Das Vorschieben des Kiefers verschiebt den Unterkiefer (und damit die Zunge) nach vorne, indem die Zeigefinger direkt proximal hinter den Kinnwinkel gelegt werden. Die Daumen zeigen nach vorne und drücken auf die Kinnspitze, um den Mund leicht zu öffnen

sein. Entsprechende Daten sind jedoch nicht vorhanden.

Absaugvorrichtung

Eine effektive Absaugvorrichtung ist wesentlich, um eine Reinigung des Oropharynx von Sekret, Blut, regurgitiertem Mageninhalt oder Erbrochenem zu ermöglichen. In Krankenhäusern ist eine an der Wand montierte oder mit einem Anästhesiegerät verbundene maschinelle Absaugvorrichtung an die zentrale Vakuumeinheit angeschlossen. Diese Einheiten werden normalerweise durch tragbare batteriebetriebene Absaugeinheiten unterstützt. Die batteriebetriebenen Einheiten sind ebenso vorbildlich für den außerklinischen Einsatz. Manuelle (hand- oder fußbetriebene) Absaugeinheiten sind preiswert und können großzügig an Ersthelfer verteilt werden und stellen eine Ergänzung zu den batteriebetriebenen Einheiten dar (Abb. 8).

Einfache Beatmung

Eine Beatmung mit Ausatemluft ist als Technik der Wahl seit den späten 50er Jahren akzeptiert [4, 12–15]. Es wurde gezeigt, daß sie sowohl für Fachleute als auch für Laien, einschließlich Kinder älter als fünf Jahre, wirksam ist. Eine Beatmung mit Ausatemluft des Retters kann über Mund *oder* Nase bei Erwachsenen verabreicht werden, und über Mund *und* Nase bei Säuglingen.

Mund-zu-Maske-Beatmung

Eine geformte Gesichtsmaske, ähnlich der, wie sie in der Anästhesie eingesetzt wird, kann für eine Mund-zu-Maske-Beatmung benutzt werden. Ein Einwegventil leitet die Ausatemluft des Patienten vom Retter weg, und fängt alle makroskopischen Partikel, die vom Patienten kommen, auf. Dieses Ventil verbessert die Ästhetik und reduziert das Risiko einer Infektionsübertragung. Die Mund-zu-Maske-Methode ist eine Zweihandtechnik, die einen besseren Verschluss bietet als eine Beutel-Maske-Beatmung durch eine Person. Wie bei der Mund-zu-Mund-Beatmung ist es möglich damit ein hohes Hubvolumen, einen hohen Atemwegsdruck und ein erhöhtes Risiko einer Insufflation des Magens

zu erzeugen [16, 17]. Eine zusätzliche Anschlußmöglichkeit für die Verabreichung von Sauerstoff erhöht die inspiratorische Sauerstoffkonzentration [18, 19] (Abb. 9).

Beatmung mit Gesichtsfolien

Preiswerte Schutzvorrichtungen, die aus einem Stück Plastikfolie mit einer runden Öffnung, die über Mund und Nase gedeckt wird, bewirken einen Schutz, und reduzieren ästhetische Probleme eines direkten Kontaktes mit Erbrochenem, Speichel, Sputum oder Blut des Patienten. Der Hauptnachteil liegt darin, daß die Folie nach jeder Beatmungssequenz repositioniert werden muß. In der Regel ist der Ersthelfer ein Verwandter, Freund oder Kollege des Betroffenen,

Abb. 6 ▶ **Atemwegs-sicherung bei Patienten bei Verdacht auf eine Halswirbelsäulenverletzung. Vorziehen des Kiefers in Kombination mit einer manuellen „in-line“ Stabilisierung von Kopf und Hals durch eine(n) Assistentin(en)**



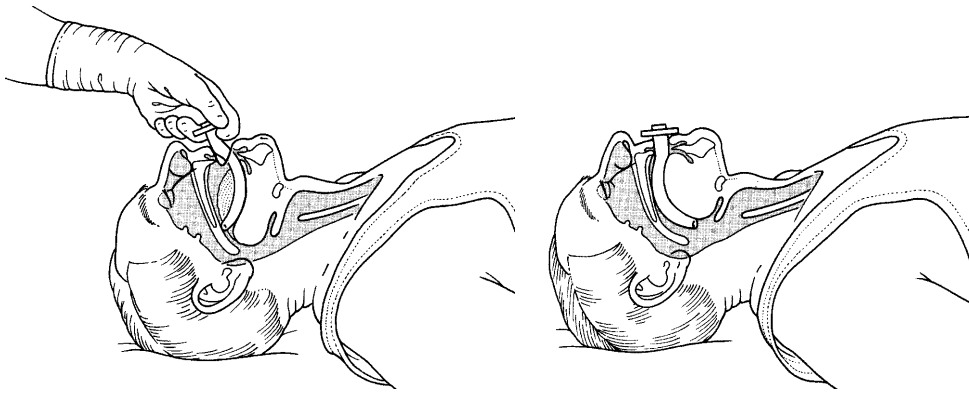


Abb. 7 ◀

Der Oropharyngealtubus.
Der Oropharyngealtubus begrenzt eine Atemwegsverlegung bedingt durch ein Zurückfallen der Zunge

und Wiederbelebungsmaßnahmen sollten nicht durch das Fehlen dieser Schutzvorrichtungen unterbleiben, da ein Risiko sehr gering ist.

Beutel-Maske-Beatmung

Der selbstfüllende Beutel kann an jede Gesichtsmaske, Endotrachealtubus, Larynxmaske oder Combitubus konnektiert werden. Wenn eine Beatmungsmaske allein benutzt wird, erlaubt dies eine Beatmung des Patienten mit Raumluft (21% Sauerstoff). Die inspiratorische O_2 -Konzentration kann auf rund 50% angehoben werden, wenn zusätzlich Sauerstoff mit 5–6 Liter/Minute direkt in den Beutel nahe dem Luftpfeinstromventil angeschlossen wird. Normalerweise sollte ein Reservoirbeutel angeschlossen sein, der mit einem Sauerstofffluß von 8–10 Liter/Minute eine inspiratorische Sauerstoffkonzentration von 90% ermöglicht (Abb. 10).

Bestimmte ideale Kriterien wurden für Beutel-Maske-Beatmungsrichtungen festgelegt, die bei einer Wiederbelebung verwendet werden [20–25]. Die empfohlenen Anforderungen beinhalten:

- ▶ Das Beutelmateriale sollte transparent sein, und ein zufriedenstellendes „Gefühl“ vermitteln. Es sollte keine Anästhesie- oder giftigen Gase absorbieren, und sollte einen ausreichenden Entfaltungssog besitzen, um Gas aus einem Reservoir, oder aus einem Anästhesiekreissystem zu ziehen.
- ▶ Sowohl Einlaß- als auch Auslaßventil sollten robust konstruiert sein, ausreichend, um eine Rückatmung oder ein Leck zu verhindern, auch bei einem Frischgasfluß (von Sauerstoff) bis zu 15 Litern pro Minute nicht zu einer Fehlfunktion oder Strömungen führen.
- ▶ Die Ventile sollten leicht ausgebaut, gereinigt und eingebaut werden können (ausgenommen in Einmalbeuteln); ein nicht korrekter Wiedereinbau sollte unmöglich sein.
- ▶ Das Einlaßventil sollte mit einem Filter (um giftige Gase auszuschließen)

sowie mit einem Sauerstoffreservoirbeutel versehen werden können.

- ▶ Das Patientenventil sollte den ISO Standard 15/22 mm Anschluß haben.
- ▶ Das Patientenventil sollte ein PEEP-Ventil beinhalten, oder mit einem solchen versehen werden können.
- ▶ Der Beutel sollte, beim Erwachsenenmodell ein Hubvolumen bis zu 1500 ml ermöglichen, und bei der Kinderversion eine Beatmungsfrequenz bis 45 pro Minute gestatten.
- ▶ Sowohl Säuglings-, Kinder-, als auch Erwachsenenmodelle sollten verfügbar sein.
- ▶ Das Gerät sollte unter allen üblichen Umgebungsbedingungen und extremen Temperaturen adäquat funktionieren.

Es liegen Berichte vor über die Leistung der Beatmungsbeutel unter verschiedenen Bedingungen:

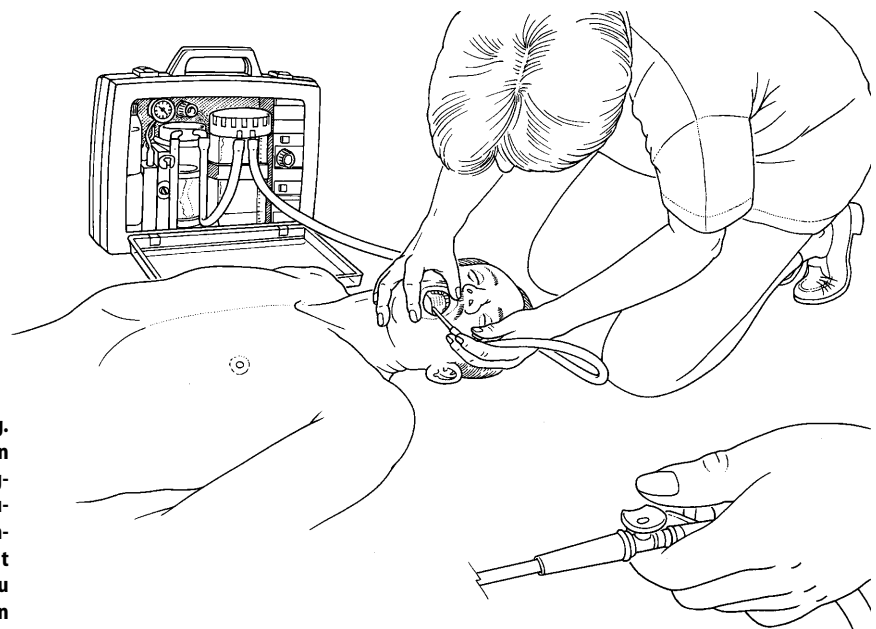


Abb. 8 ▶ Absaugvorrichtung.

Bei im Krankenhaus festmontierten oder an ein Anästhesiegerät angeschlossenen Absaugvorrichtungen, ist diese mit einer zentraler Vakuumeinheit verbunden. Manuelle Absaugeinheiten können großzügig an Ersthelfer verteilt werden und ermöglichen eine Ergänzung zu den batteriebetriebenen Einheiten



Abb. 9 ▲ Mund-zu-Maske-Beatmung

- ▶ Einige Beutel liefern ein Beatmungsvolumen von 1500 ml, bei anderen reicht das abgegebene Volumen von 1500 bis 1000 ml. Unter den Umständen einer reduzierten Compliance (20 ml/mbar) erreichen die meisten Beutel nur 80% ihres normalen Volumens, und wenn die Compliance weiter, auf 10 ml/mbar, abfällt, fällt die Leistung auf ungefähr 60% des normalen Volumens ab. Bei einer erhöhten Resistance, sinkt das verabreichte Volumen auf etwa 90% des initialen Wertes [26–28].
- ▶ Wenige Beutel besitzen ein Vorwärts- oder Rückwärtsleck; diese Lecks reichen von 40 bis 50 ml (vorwärts) und 10 ml (rückwärts).
- ▶ In einigen Fällen kam es bei niedrigen Flüssen zu einer Ventilblockade, wogegen bei anderen ein Fluß von 30 Litern pro Minute eine Beeinträchtigung der Ventilfunktion bedingte.
- ▶ Die meisten Beutel werden als einfach zu bedienen, nur wenige als mehr komplex bewertet [23].

- ▶ Nahezu alle Einmalgeräte werden unter Laborbedingungen nationalen und internationalen Minimalstandards gerecht [22, 23].

Wenn der Beutel von einer Person benutzt wird, ist ein beträchtliches Maß an Fertigkeit notwendig, um mit einer Hand den Atemweg des Patienten zu sichern und luftdicht abzuschließen, während der Beutel mit der anderen ausgedrückt wird [29]. Dies kann nur durch jemanden erreicht werden, der eine Beutel-Masken-Ausrüstung regelmäßig benutzt. Eine zu große Undichtigkeit führt zu einer Hypoventilation, wogegen ein übermäßig großes Hubvolumen zu einer Insufflation in den Magen führen kann, und damit das Risiko einer Regur-

gitation erhöht. Wenn die Beatmung mit Beutel und Maske fortgesetzt werden muß, ist die Zwei-Personen-Technik vorzuziehen; eine Person hält die Gesichtsmaske mit zwei Händen in richtiger Position, und ein Assistent drückt den Beutel aus. Auf diese Weise kann ein besserer Sitz erreicht, das Kieferzug-Manöver leichter aufrecht erhalten, und die Lunge des Patienten effektiver beatmet werden.

Empfehlungen. Diesen Überlegungen Rechnung tragend, empfiehlt das European Resuscitation Council:

- ▶ Beatmungsbeutel sollten den oben beschriebenen Kriterien Rechnung tragen.
- ▶ Um die Möglichkeit einer Aufblähung des Magens zu minimieren, wird die Zwei-Helfer-Tätigkeit empfohlen, wenn der Beatmungsbeutel zusammen mit einer Gesichtsmaske eingesetzt wird.
- ▶ Nachdrücklich sollte versucht werden, ein FiO_2 von 1,0 zu erreichen, indem ein Reservoir oder ein Bedarfsventil verwendet wird.
- ▶ Besondere Vorsicht sollte gewahrt werden, um eine Überblähung und ein Barotrauma zu verhindern, wenn der Beatmungsbeutel an einen endotrachealen Tubus angeschlossen ist.

Beatmungsvolumina

Während einer externen Thoraxkompression ist im Vergleich zur Spontanzirkulation der pulmonale Blutfluß und damit der Kohlendioxidtransport zur Lunge beträchtlich reduziert [30–32].



Abb. 10 ▶ Beutel-Maske-Beatmung. Der selbstfüllende Beatmungsbeutel kann entweder an eine Gesichtsmaske, einen Endotrachealtubus, eine Larynxmaske oder einen Combitubus angeschlossen werden

Erweitertes Atemwegsmanagement (Abb. 11)

Der Nasopharyngealtubus

Der Nasopharyngealtubus wird durch die Nase geschoben, so daß seine Spitze hinter der Zunge im Hypopharynx direkt oberhalb der Glottis liegt. Ein moderner Nasopharyngealtubus ist aus weichem Plastikmaterial hergestellt und besitzt einen Flansch an seinem proximalen Ende, um zu verhindern, daß er in die Nasenhöhle abrutscht. Wenn eine zweckdienliche Ausrüstung nicht vorhanden ist, kann ein solcher aus einem cufflosen, nasalen Endotrachealtubus hergestellt werden, der auf eine passende Länge von 14 bis 16 cm gekürzt wurde und mit einer großen Sicherheitsnadel durch das proximale Ende versehen ist. Nasopharyngealtuben schützen nicht vor Aspiration von Fremdmaterial. Verschiedene Größen sind erhältlich: 6,0 bis 8,0 mm Durchmesser sind für den durchschnittlichen Erwachsenen geeignet (Abb. 12).

Indikationen

- Verlegung der oberen Atemwege, insbesondere bei Patienten mit Kieferklemme, Krampfanfällen oder gefährdeten Zähnen.
- Ein Nasopharyngealtubus wird, wenn er in situ liegt, oftmals besser toleriert als ein Oropharyngealtubus.

Kontraindikationen

- Beidseitige Verlegung oder Deformierung der Nasengänge.
- Drohende Gefahr von Regurgitation oder Erbrechen von Mageninhalt.

Relative Kontraindikation. Verdacht auf Schädelbasisfraktur.

Vorgehen

- Den mit Gel versehenen Tubus der adäquaten Größe in das rechte Nasenloch einführen, die Spitze abwärts und nicht aufwärts gerichtet. Falls beim Vorschieben ein Hindernis auftritt, den Tubus zurückziehen und es im linken Nasenloch erneut versuchen.
- Der Tubus wird mit einer Drehbewegung eingeführt, bis der Flansch an das Nasenloch stößt.



Abb. 11 ▲ **Erweitertes Atemwegsmanagement.**

Die endotracheale Intubation ist die beste Möglichkeit; initial stellen Larynxmaske oder Combitubus eine Alternative dar.

Das Risiko einer Insufflation in den Magen ist bei großen Hubvolumen und hohem Inspirationsfluß erhöht.

Aus diesen Gründen sind während der kardiopulmonalen Reanimation Zugvolumina von 400 bis 500 ml angemessen. Diese Volumina bewirken ein sichtbares Heben des Thorax [33]. Jede Aufblähung sollte 1,5 bis 2 Sekunden dauern. Der Retter sollte auf ein vollständiges Absinken des Thorax während der Expiration warten, bevor er erneut beatmet. Dies sollte normalerweise 2 bis 4 Sekunden dauern; jede Sequenz von 10 Beatmungen wird daher etwa 40 bis 60 Sekunden (bis zur Vollendung) dauern. Die genaue Wahl des Zeitpunktes einer Expiration ist nicht kritisch; dem

Brustkorb sollte die Möglichkeit des Zusammenfallens gegeben werden, bevor die nächste Beatmung begonnen wird.

Sauerstoff

Die Ausatemluft enthält ungefähr 17% Sauerstoff. Ziel ist, die höchst mögliche Sauerstoffkonzentration zu verabreichen. Bedenken bezüglich unerwünschter Wirkungen einer hohen Sauerstoffkonzentration auf den hypoxiebedingten Atemtrieb bei einigen Patienten mit COPD (chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen) sind während einer kardiopulmonalen Wiederbelebung nicht zutreffend.

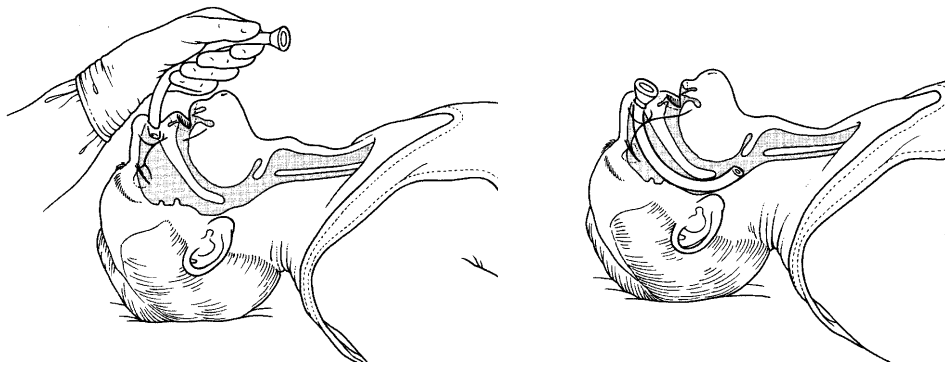


Abb. 12 ◀ **Der Nasopharyngealtubus.** Der Nasopharyngealtubus wird durch die Nase geschoben, so daß die Spitze hinter der Zunge im Hypopharynx direkt oberhalb der Glottis liegt

- Den ungehinderten Lufteintritt überprüfen.

Gefahren

- Schwere Nasenblutung
- Verletzung von Nasenschleimhaut, Knochen oder Knorpel.
- Versehentliches Verschieben in die Schädelhöhle durch eine frakturierte Lamina cribrosa (Sicherstellen, daß der Tubus abwärts und nicht aufwärts gerichtet ist).
- Nasopharyngealtuben mit einem relativ schmalen Flansch können in die Nase abrutschen. Das Anheften einer Sicherheitsnadel an den Flansch kann dieser Komplikation vorbeugen.
- Auslösen von Würgen, Erbrechen oder eines Laryngospasmus (weniger wahrscheinlich als bei einem Oropharyngealtubus)

Einschränkungen. Schwierigkeiten beim Platzieren oder bei Nasenbluten. Der Nasopharyngealtubus schützt nicht vor Aspiration von Fremdmaterial. Die Beatmung muß über eine Gesichtsmaske erfolgen.

Endotracheale Intubation

Die endotracheale Intubation stellt den endgültig freien und sicheren Atemweg dar, durch den eine Ventilation und Oxygenation während einer kardiopulmonalen Reanimation durchgeführt werden kann. Der distale Cuff verhindert ein Gasleck beim Einsatz eines hohen Inspirationsdruckes, wie er während eines Wiederbelebungsversuches oftmals notwendig ist, und schützt den Bronchotrachealtrakt vor

einer Aspiration von Mageninhalt. (Abb. 13).

Die endotracheale Intubation kann bei Patienten jeden Alters durchgeführt werden. Ein Sortiment von Tubengrößen ist erhältlich, angepaßt an Neugeborene (3–4 mm Innendurchmesser = ID) bis zu großen Erwachsenen (8–9 mm ID). In Notfallsätzen mit beschränkten Ausmaßen sind die Größen 3, 5 und 7 mm ID für den kurzzeitigen Einsatz bei der Mehrheit der Patienten geeignet. Im Gegensatz zum oralen Weg ist die nasotracheale Intubation unzuverlässig, insbesondere wenn der Patient apnoeisch ist (das Atemgeräusch des Patienten führt normalerweise den Intubateur). Deswegen ist die orotracheale Intubation die empfohlene Technik, die nasotracheale wird nicht diskutiert.

Indikationen

- Zur Sicherstellung eines freien und sicheren Atemweges für jeden Fall eines Herz-Kreislauf-Stillstandes, der länger als 2–3 Minuten dauert.
- Zur Sicherstellung eines freien Atemweges für die zerebrale Wiederbelebung nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand.
- Zum Erreichen eines Zuganges zum unteren Respirationstrakt, um eingeatmetes Fremdmaterial abzusaugen.

Kontraindikationen. Das Fehlen von trainiertem Personal und einer geeigneten Ausrüstung.

Ausrüstung

- geeignete funktionstüchtige Laryngoskope („Macintosh“ – mit gebogenem Spatel, oder „Forregger“ mit geradem

Spatel, etc.),

- eine geeignete Auswahl von Endotrachealtuben (6,0 bis 9,0 mm ID für Erwachsene) mit korrekter Länge und einem Konnektor (normalerweise 15/22 mm) versehen, um das Beatmungsgerät anzuschließen,
- eine Absauganlage,
- Intubationszangen (Magill oder Kelly), Gleitgel und Tupfer,
- eine 10 ml Spritze zum Aufblasen des Cuffs,
- eine Klemme oder ein Ventil zur Sicherung des gefüllten Cuffs,
- einen elastischen Gummiführungsstab (Bougie)/oder Sonde,
- Scheren,
- Pflaster oder Binde zur Tubusfixierung,
- einen selbstfüllenden Beatmungsbeutel zur Beatmung der Lunge,
- ein Stethoskop, um die korrekte Lage des Endotrachealtubus zu kontrollieren.

Vorgehen. (Abb. 13)

- Vor einem Intubationsversuch wird der Patient mit Beutel und Maske kurz beatmet und oxygeniert.
- Der Patient wird in Rückenlage gelegt, mit einem Kissen unter dem Kopf, so daß die obere Halswirbelsäule flektiert und das Atlanto-Occipital-Gelenk getreckt ist („Schnüffelposition“), damit die Atemwege frei sind.
- Mit der linken Hand, die den Laryngoskopiegriff hält, wird der Laryngoskopspatel in den rechten Mundwinkel eingeführt, wobei darauf zu achten ist, daß die Unterlippe nicht zwischen Spatel und den unteren Zähnen eingeklemmt wird.

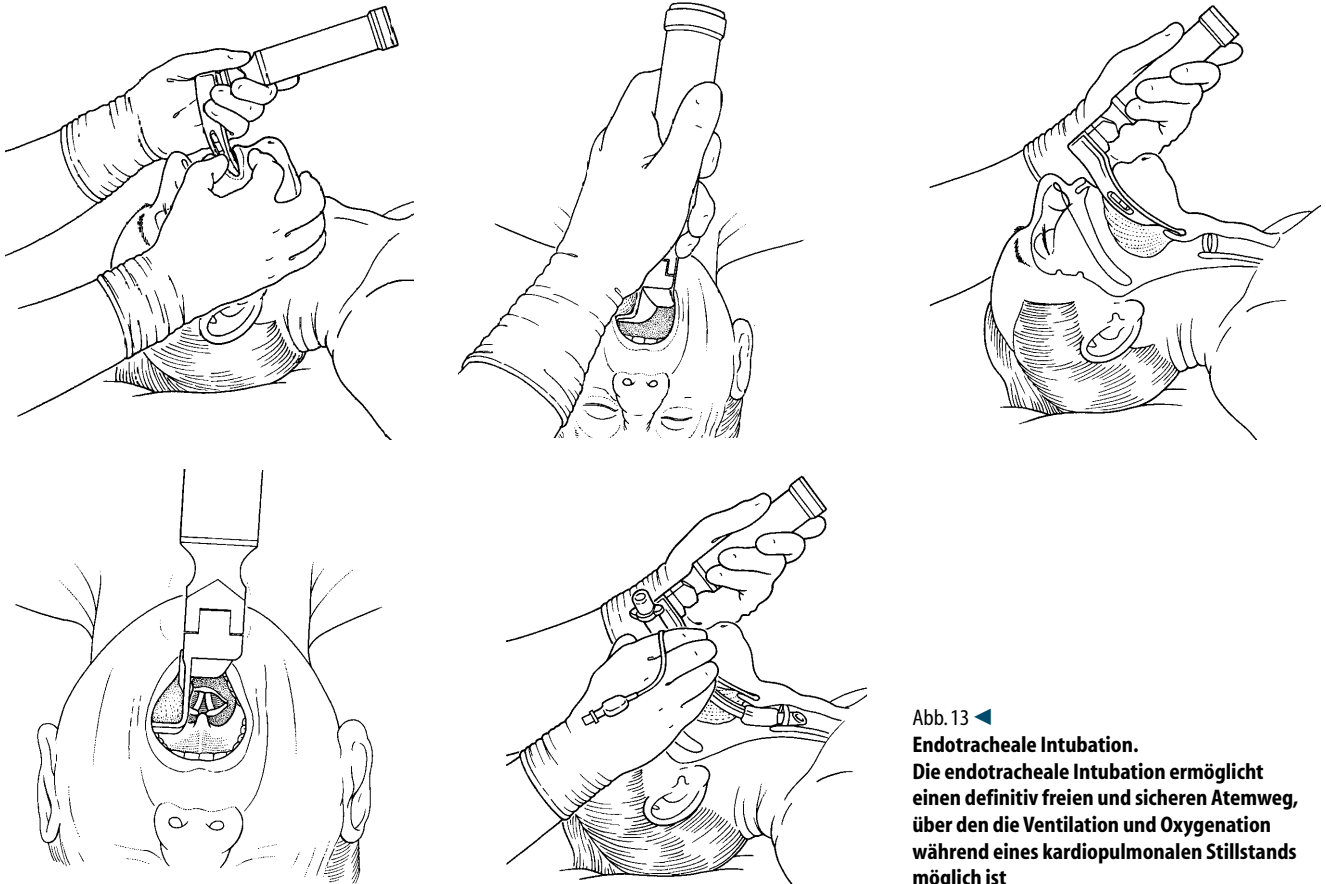


Abb. 13 ◀

Endotracheale Intubation.
Die endotracheale Intubation ermöglicht einen definitiv freien und sicheren Atemweg, über den die Ventilation und Oxygenation während eines kardiopulmonalen Stillstands möglich ist

- ▶ Den Laryngoskopspatel entlang der hinteren Pharynxwand schieben, dabei im Larynxbereich auf die Mittellinie achten, und die Zunge zur linken Mundseite schieben.
- ▶ Wenn die Spitze des Laryngoskop den Larynx erreicht, den Griff des Laryngoskops vorwärts und aufwärts (in Richtung auf die Verbindung zwischen Zimmerdecke und gegenüberliegenden Wand) heben, und die Spitze des Laryngoskopspatels beobachten.
- ▶ Wenn ein gebogener Spatel benutzt wird, die Spitze des Spatels zwischen Hinterwand der Zunge und Basis der Epiglottis in die Vallecule schieben; das Überstrecken des Kopfes wird durch Druck auf den Hinterkopf durch die rechte Hand aufrecht erhalten. Wenn ein gerader Laryngoskopspatel benutzt wird, die Spitze unter die Epiglottis plazieren.
- ▶ Die Spitze des Spatels korrigieren, um die Sicht auf Stimmbänder zu verbessern.

Druck auf den Krikoidknorpel kann die Sicht verbessern und die Möglichkeit einer Regurgitation aus dem Magen vermindern.

- ▶ Den Endotrachealtubus unter direkter Sicht in den rechten Mundwinkel und zwischen die Stimmbänder schieben. Wenn notwendig, wird der Tubus um 90° gegen den Uhrzeigersinn gedreht, um die Passage durch die Kehlkopföffnung zu erleichtern.
- ▶ Wenn die Sicht nur auf Epiglottis oder Aryknorpel beschränkt ist, einen elastischen Gummiführungsstab benutzen. Das distale Ende des Führungsstabes wird um 45° gebogen und gelangt normalerweise, wenn er direkt hinter die Epiglottis geschoben wird, durch die Stimmritze in die Trachea. Eine tracheale Lage des Führungsstabes ist gesichert, wenn man ein „Klickgefühl“ gegen die Trachealringe bemerkt, oder wenn er im Bronchialbaum „aufgehalten“ wird. Unter Belassung des Laryngoskops im Mund,

wird der Endotrachealtubus über den Führungsstab in die Trachea geschoben.

- ▶ Wenn der Tubus die Stimmritze passiert hat, soll er so weit vorgeschoben werden, daß der Cuff direkt unterhalb der Glottisöffnung liegt (Abb. 13).
- ▶ Der Cuff wird über den Pilotschlauch mit Luft gefüllt, bis das hörbare Luftleck unter positiver Druckbeatmung verschwindet. Wenn ein Füllungsvolumen von mehr als 10 bis 15 ml notwendig ist, ist eine unkorrekte Lage im Ösophagus zu vermuten.
- ▶ Den Tubus festhalten und den Führungsstab entfernen.
- ▶ Die Lage des Tubus in der Trachea durch Beobachten von beidseitigen Thoraxbewegungen und auskultatorischem Atemgeräusch über beiden oberen Lungenlappen in den Axillen überprüfen. Über dem Epigastrium abhören: Gurgelgeräusche legen eine ösophageale Lage nahe. Wenn ein Ösophagusdetektor vorhanden ist,

diesen an den Tubus anschließen, und versuchen, Luft zu aspirieren. Eine leichte Luftaspiration und kein Zurückgleiten des Kolbens bestätigt die korrekte tracheale Lage. Schwierigkeiten bei der Luftaspiration und das Entstehen eines Unterdrucks lassen eine ösophageale Lage vermuten. Die Kontrolle von endexpiratorischem Kohlendioxid durch die Kapnometrie kann ein sinnvoller Zusatz zur Sicherung der endtrachealen Intubation sein. Der endexpiratorische CO₂-Wert kann während der HLW sehr niedrig sein, aber er ist gewöhnlich nicht Null. Wenn kein CO₂ festgestellt wird, sollte die Tubuslage noch einmal sorgfältig durch eine andere zuverlässige Methode überprüft werden.

- ▶ Der Tubus wird an der Stelle mit einem Band oder Klebestreifen gesichert und die Tubuslage erneut überprüft.
- ▶ Während der kardiopulmonalen Reanimation sind für einen Intubationsversuch nicht länger als 30 Sekunden erlaubt. Wenn der Versuch nach dieser Zeit mißglückt ist, das Laryngoskop und den Tubus entfernen und mit Sauerstoff über Beutel und Maske für 1–2 Minuten vor einem weiteren Versuch beatmen.

Anmerkungen. Eine endotracheale Intubation kann, mit Erfahrung, auch bei einem Patienten in Seitenlage durchgeführt werden, wenn es nicht möglich oder gefährlich ist, ihn in Rückenlage zu drehen.

Wenn der Patient auf dem Boden liegt, sollte sich der Retter idealerweise auch auf den Boden an den Kopf des Patienten legen, und beide Ellbogen an die jeweilige Seite des Kopfes des Patienten stellen.

Gefahren

- ▶ eine unbemerkte ösophageale Intubation,
- ▶ eine mißglückte Intubation,
- ▶ eine Laryngoskopie bei einem halbwachen Patienten kann eine Regurgitation bewirken,
- ▶ Intubation in einen Hauptbronchus,

- ▶ Verletzungen von Zähnen, Lippen, Zunge und Strukturen im Pharynx oder Larynx,
- ▶ Abknicken des Tubus im Pharynx oder Mund.

Vorsichtsmaßregeln

- ▶ Ein verlängerter Intubationsversuch wird eine signifikante Hypoxie bewirken. Wenn der Versuch nach 30 Sekunden nicht erfolgreich ist, wird der Patient mit 100% Sauerstoff über Beutel – Maske beatmet (4–5 Atemhübe von ungefähr 500 ml vor einem weiteren Versuch).
- ▶ Eine Überblähung des Cuffs kann das Tubuslumen verlegen.

Einschränkungen

- ▶ Die Laryngoskopie ist sehr erschwert, wenn der Patient nicht tief bewußtlos ist.
- ▶ Die direkte orale Intubation ist eine Fertigkeit, die erworben und beibehalten werden muß. Wenn diese Fertigkeit nicht regelmäßig trainiert wird, wird sich die Erfolgsrate verschlechtern.

Die endotracheale Intubation bei Säuglingen und Kindern

Anatomische und physiologische Überlegungen. Das Neugeborene ist ein obligater

Nasenatmer, so daß eine Verlegung der Nase sofort lebensbedrohlich ist.

Im Vergleich zu Erwachsenen ist der Kopf eines Säuglings größer. In Rückenlage neigt der Kopf zur Flexion, eine Steigerung des Beugegrades durch den Einsatz eines Kissens kann die Sicht auf den Larynx verschlechtern. Kinder haben eine im Verhältnis zur Größe der Mundhöhle große Zunge. Große Tonsillen oder Adenoide erhöhen das Risiko von Verlegungen der oberen Atemwege und können bei der Laryngoskopie stören. Bei der Laryngoskopie liegt der Larynx weiter vorne, und die Epiglottis neigt dazu, ei-

ne große U- oder V-förmige weiche Struktur zu bilden. Die Trachea eines Neugeborenen ist nur 4–5 cm lang, mit dem erhöhten Risiko einer einseitig endobronchialen Intubation. Bis zum Alter von 8–10 Jahren (in der Pubertät) ist der Ringknorpel die engste Stelle der oberen Atemwege (bei Erwachsenen ist die Stimmritze die engste Stelle); eine Ischämie der Schleimhaut und Verletzungen

an dieser Stelle sind mit einer subglottischen Stenose verbunden, deshalb werden ungeblockte

Endotrachealtuben verwendet. Der Sauerstoffverbrauch ist bei Kindern wegen der hohen Metabolismusrate viel größer. Dies bedingt ein hohes Atemminutenvolumen, das in einer hohen Atemfrequenz zum Ausdruck kommt. Der erhöhte Sauerstoffbedarf gekoppelt mit einer verminderten Sauerstoffreserve bewirkt bei Vorliegen einer Verlegung der oberen Atemwege oder einer Apnoe eine schnelle arterielle Sauerstoffsättigung. Bei Säuglingen ist die funktionelle Residualkapazität (FRC) der Lunge gering und das Verschlussvolumen der Atemwege relativ groß. Um einem Verschluss der Atemwege bei einem bewußtseinsgetrübten oder anästhesierten Kind vorzubeugen, ist eine Beatmung mit kontinuierlich positivem Druck hilfreich.

Vorgehen

- ▶ Wegen der oben beschriebenen anatomischen Unterschiede ist es oftmals vorzuziehen, bei Kindern bis zu zwei Jahren ein Laryngoskop mit geradem Spatel zu verwenden. Der gerade Spatel wird hinter der Epiglottis plaziert (nicht vor, wie bei einem gebogenen Spatel).
- ▶ Die Größe des Tubus ist kritisch, ein Leck muß vorhanden sein, um der möglichen Komplikation einer subglottischen Stenose bei einer prolongierten Intubation vorzubeugen. Ein leichtes Leck während der positiven Druckbeatmung ist akzeptabel. Bei Kindern unter 10 Jahren werden Tuben ohne Cuff verwendet. Der korrekte Innendurchmesser und die Länge

„Eine endotracheale Intubation kann, mit Erfahrung, auch in Seitenlage durchgeführt werden.“

„Das Neugeborene ist ein obligater Nasenatmer, so daß eine Verlegung der Nase sofort lebensbedrohlich ist.“

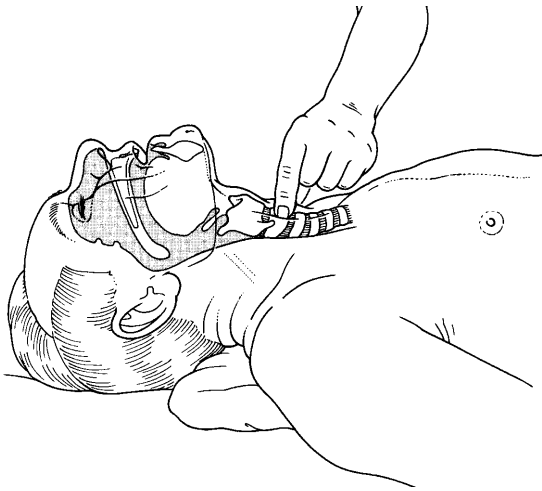


Abb. 14 ◀ **Krikoiddruck oder Sellicksches Manöver**

können für Kinder zwischen einem und 16 Jahren nach folgenden Formeln errechnet werden:

Innendurchmesser und Tubuslänge für Kinder zwischen einem und 16 Jahren

Innendurchmesser (mm) = (Alter des Kindes/4) + 4
 Länge (cm) = (Alter des Kindes/2) + 12 (für die nasale Intubation werden 1–3 cm hinzugerechnet)

Krikoiddruck

Der Krikoiddruck wurde durch Sellick [34] eingeführt, um die Inzidenz einer Aspiration von Mageninhalt während einer Narkoseeinleitung zu reduzieren, und wird auch während der Herz-Lungen-Wiederbelebung befürwortet [35, 36]. Die Effizienz des Krikoid-

druckes konnte durch Lawes [37] bewiesen werden, der zeigte, daß auch ein „sanfter“ Beatmungsdruck das Risiko einer Insufflation in den Magen bewirkt, und daß der Krikoiddruck, korrekt durchgeführt, einer Überblähung des Magens vorbeugt, auch wenn Beatmungsdrucke bis 60 cm H₂O verwendet werden [38]. Hinsichtlich der hohen Inzidenz einer pulmonalen Aspiration im Zusammenhang mit einem Herzstillstand [38] erscheint es sinnvoll, den Wert des Krikoiddruckes sowohl bei den Basis- wie auch den erweiterten lebensrettenden Maßnahmen zu betonen, solange bis die Atemwege gesichert sind (Abb. 14).

Technik. Ein rückwärts gerichteter Druck wird mit einem Finger und dem Daumen auf jeder Seite des Krikoidknorpel angewandt, um das Lumen des dahinter liegenden Ösophagus zu verlegen. Ein

Gegendruck kann von der Rückseite des Halses ausgeübt werden.

Vorsichtsmaßregeln. Den Krikoiddruck lösen und den Patienten sofort in die Seitenlage drehen, wenn er beginnt, aktiv zu erbrechen.

Die Larynxmaske (LM) (Larynxtubus)

Dieser Tubus besteht aus einem weit aufgebohrtem Tubus mit einer elliptischen Aufblasmanschette am distalen Ende, die so beschaffen ist, daß sie den Hypopharynx um die Larynxöffnung abschließt, während die Öffnung des Tubus in direkter Nähe zur Glottisöffnung belassen wird [39]. Sie wurde 1988 zum ersten Mal in die klinische Anästhesiepraxis eingeführt. Der Vorteil der LM liegt darin, daß sie einen freien und sicheren Atemweg bereitstellt, ohne daß die Fertigkeit der Laryngoskopie und endotrachealen Intubation notwendig ist [40, 41]. Darüberhinaus ist eine Beatmung damit effektiver und leichter im Vergleich mit der Beutel-Masken-Beatmung [42, 43]. Obwohl keine Garantie für einen absoluten Schutz der Atemwege gegeben ist [44], bietet die LM eine größere Sicherheit und Vorteile gegenüber den meisten anderen Atemwegssicherungssystemen mit Ausnahme der endotrachealen Intubation [45–48]. Sie kann eingesetzt werden, wenn die Möglichkeit einer instabilen Halswirbelsäule besteht, oder die Zugangsmöglichkeit mit dem Laryngoskop eingeschränkt ist, oder eine Intubation sich als schwierig erweist [49–52]. Eine vorsichtige inter-

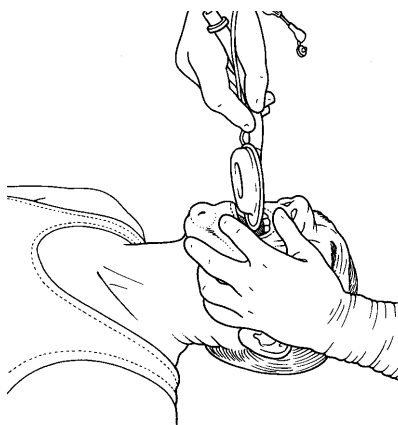
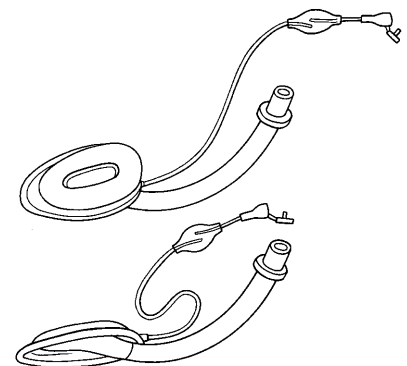
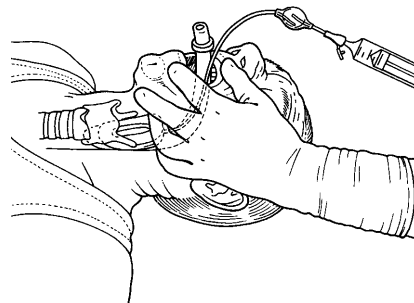


Abb. 15 ▼ **Die Larynxmaske**



mittierende positive Druckbeatmung kann über die LM durchgeführt werden, die einen Standardkonnektor besitzen soll, um direkt an einen selbstfüllenden Beatmungsbeutel angeschlossen zu werden (Abb. 15). Die Technik kann leicht Krankenpflegepersonal, Rettungsassistenten und nicht speziell ausgebildeten Ärzten vermittelt werden [40–43, 53]. Die LM wurde erfolgreich von Krankenschwestern (-pflegern) bei der Behandlung eines Herzstillstandes eingesetzt [46, 47]. Sie bietet die Möglichkeit, einen freien Atemweg bei tief bewußtlosen Patienten herzustellen, bevor die Möglichkeit und Ausrüstung zur endotrachealen Intubation vorhanden sind. Die LM kann unter Ausübung des Krikoiddrucks eingesetzt werden, obgleich dadurch eine Platzierung erschwert wird [54–57].

Die LM wird in verschiedenen Größen, passend für Säuglinge bis zu großen Erwachsenen, sowohl aus Standard- wie aus flexiblen verstärkten Materialien (Tabelle 1) hergestellt.

Indikationen

- ▶ Der bewußtlose Patient mit fehlenden glossopharyngealen und laryngealen Reflexen mit dem Risiko einer Atemwegsverlegung, der künstlich beatmet werden muß und eine Intubation wegen fehlender Sachkenntnis oder Ausstattung nicht möglich ist.
- ▶ Eine bekannte oder unerwartet schwierige Intubation.

Relative Kontraindikation

- ▶ Chronisch obstruktive Lungenerkrankung oder die Notwendigkeit eines hohen Beatmungsdruckes.

- ▶ Schweres oropharyngeales Trauma.
- ▶ Bekannter voller Magen.

Ausrüstung

- ▶ eine LM passender Größe
- ▶ Feuchtgel
- ▶ eine 50 ml Spritze um die Manschette zu füllen
- ▶ ein Absauggerät
- ▶ eine Beatmungsmöglichkeit

Vorgehen

- ▶ Die komplett entblockte Manschette wird auf der Rückseite und beiden Seiten angefeuchtet.
- ▶ Der Patient wird auf den Rücken gelegt, wobei Kopf und Hals so ausgerichtet sind, daß freie Atemwege gesichert sind. (Vorsicht bei Patienten mit Verdacht auf ein Halswirbelsäulentrauma).
- ▶ Die LM wird wie ein Stift gehalten und in den Mund eingeführt, wobei die distale Öffnung nach kaudal zeigt.
- ▶ Die Spitze wird am Gaumen angelegt vorgeschoben, bis sie die hintere Pharynxwand erreicht.
- ▶ Die führende Hand zum proximalen Ende des Tubus wechseln und die Maske in die Position drücken, bis ein Widerstand gefühlt wird, so daß sie an der Rückseite des Hypopharynx gelegen ist.
- ▶ Die schwarze Linie am Tubus sollte sich an das Nasenseptum anschließen.
- ▶ Die Manschette wird mit einer ausreichenden Menge Luft gefüllt. Der Tubus ragt 1–2 cm aus dem Mund, und der Larynx ist nach vorne geschoben.
- ▶ Das Vorliegen freier Atemwege durch vorsichtiges Beatmen der Lunge mit

einem Beutel, der an den Tubus angeschlossen wird, bestätigen, und Beatmungsdruck, Thoraxbewegungen, beidseitiges Atemgeräusch und eine Leckage um die Manschette beachten.

- ▶ Ein Beißkeil oder Guedeltubus wird neben den Tubus eingeschoben und mit einem Band oder Klebestreifen gesichert.

Gefahren

- ▶ Abwehr, Husten, Anstrengung und Laryngospasmus bei Patienten mit erhaltenen Reflexen.
- ▶ Nicht korrekte Positionierung, da die Spitze der Manschette während des Verschiebens gefaltet ist. Die LM entfernen, sicherstellen, daß die Spitze flach ist und LM erneut einsetzen.
- ▶ Eine Atemwegsverlegung durch Herunterklappen der Epiglottis. Den Tubus entfernen, die Manschette entblocken, und ihn, am Gaumen entlang geführt, erneut einsetzen.
- ▶ Ein fortdauerndes Luftleck um die Manschette kann durch einen unkorrekten Sitz, eine unzulängliche Manschettenfüllung, einen exzessiven Beatmungsdruck oder eine schlechte Lungencompliance bedingt sein.

Der positive Beatmungsdruck sollte 20 cm H₂O nicht überschreiten. Bei der Mehrzahl der Patienten kann eine ausreichende Beatmung innerhalb dieser Grenzen durch Reduktion des inspiratorischen Gasflusses und einer angemessenen Expirationszeit erreicht werden.

Die Intubationslarynxmaske

Eine Veränderung der Standardlarynxmaske wird gegenwärtig erprobt [58–60]. Dieses Modell ermöglicht es, einen Tubus mit Cuff durch die Larynxmaske und in die Trachea zu schieben. Bei anästhesierten Patienten gelingt die Intubation innerhalb von 3 Versuchen in 95 % der Fälle [61]. Ihr Stellenwert für die HLW muß sich noch erweisen.

Der Combitubus

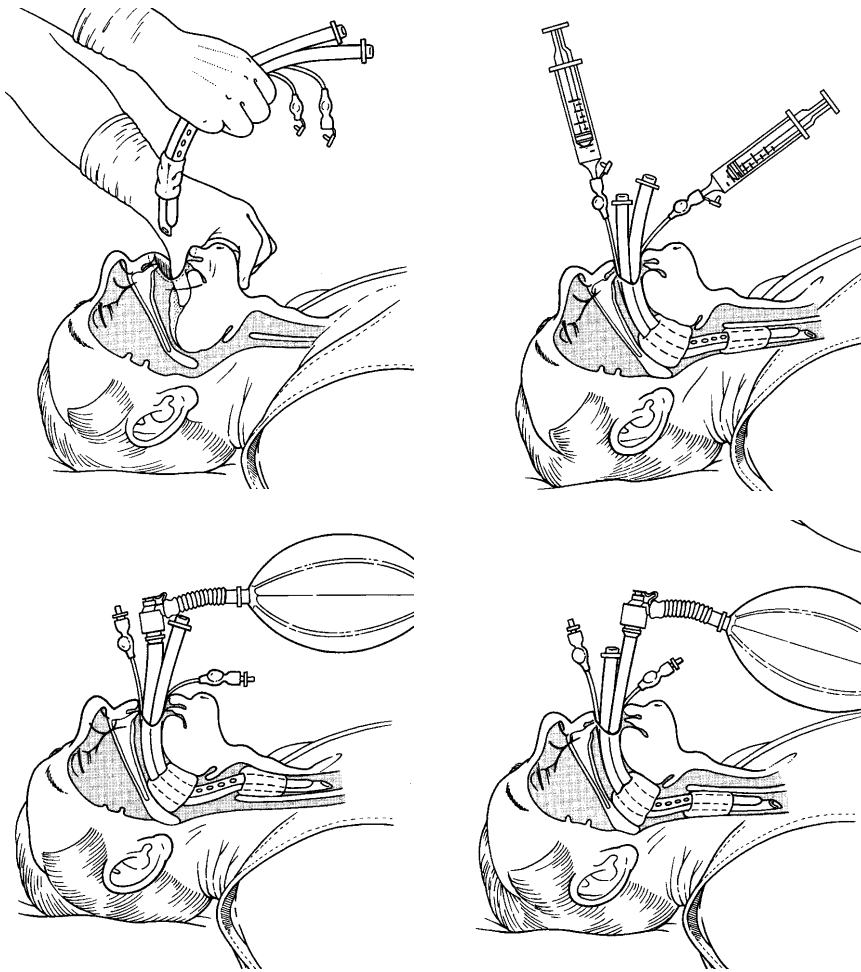
Der Combitubus (Abb. 16) ist ein Doppelmentubus, der blind in den Mund eingeführt wird, und so gestaltet ist,

Tabelle 1

Größe und Füllungsvolumen der Manschette für die Larynxmaske

Größe	Patient	Manschettenvolumen
1	Neugeborene/Säuglinge bis 6.5 kg	2–4 ml
2	Säuglinge/Kinder	10 ml
2,5	Kinder mit 15–30 kg	15 ml
3	kleine Erwachsene/Kinder 30–35 kg	20 ml
4	Normale Erwachsene	30 ml
5	Große Erwachsene	40 ml

Abb. 16 ◀ Der Combitubus



daß die Lunge des Patienten ventiliert wird, gleichgültig ob der Tubus in die Trachea oder den Ösophagus eintritt [62]. Der „tracheale“ Kanal hat ein offenes distales Ende, und der „ösophageale“ Kanal ein blindes Ende mit Öffnungen auf supraglottischer Höhe. Er besitzt einen distalen Cuff mit kleinem Volumen und einen großvolumigen (100 ml) Cuff, der so gestaltet ist, daß er den Hypopharynx einnimmt. Wenn der Tubus in den Ösophagus eintritt, wird der Patient über den „ösophagealen“ Kanal durch die Öffnungen direkt oberhalb der Glottisöffnung beatmet. Die eingeblasene Beatmungsluft wird durch den distalen und den im Hypopharynx gelegenen Cuff daran gehindert, irgendwo anders hin zu entweichen. Wenn der Tubus in die Trachea eintritt, wird über den trachealen Zugang beatmet. Der hypopharyngeale Cuff ist dann überflüssig.

Der Combitubus wurde erfolgreich als Atemwegshilfe während eines kardiopulmonalen Stillstandes eingesetzt [63–65]. Er wurde durch Intensivpflegepersonal und Rettungsassistenten im präklinischen Einsatz erprobt [66]. Er wird als effektiver Ersatz für die endotracheale Intubation bei Intubationsschwierigkeiten beschrieben.

Indikationen. Der bewußtlose Patient mit fehlenden glossopharyngealen und laryngealen Reflexen mit dem Risiko einer Atemwegsverlegung, der eine künstliche Beatmung benötigt und die endotracheale Intubation wegen fehlender Fertigkeit oder Ausrüstung ausgeschlossen ist.

Kontraindikationen

- ▶ schweres oropharyngeales Trauma,
- ▶ kleiner Mund.

Ausrüstung

- ▶ Combitubus,
- ▶ Feuchtgel,
- ▶ eine 50 ml- und 20 ml- Spritze, um die Cuffs zu füllen,
- ▶ Absaugvorrichtung,
- ▶ Beatmungsmöglichkeit.

Vorgehen

- ▶ Der Patient wird auf den Rücken gelegt, wobei Kopf und Hals so ausgerichtet sind, daß freie Atemwege vorliegen.
- ▶ Der Combitubus wird angefeuchtet.
- ▶ Den Tubus ungefähr 24 cm tief einführen.
- ▶ Den distalen Cuff füllen.
- ▶ Die Tubuslage in der Trachea durch Auskultation und Beobachten von Thoraxbewegungen überprüfen, indem über das „tracheale“ Lumen beatmet wird.
- ▶ Ist der Tubus in der Trachea plaziert mit der Beatmung über den „trachealen“ Zugang fortfahren.
- ▶ Ist der Tubus im Ösophagus plaziert, den hypopharyngealen Cuff füllen und über den „ösophagealen“ Zugang beatmen.

Gefahren

- ▶ Der Tubus ist relativ unhandlich, es kann schwierig sein, ihn bei Patienten mit einem kleinen Mund einzuführen.
- ▶ Die Cuffs können beim Einführen durch scharfe Zähne beschädigt werden.
- ▶ Ein weiterer Schaden an weichem Gewebe kann bei Patienten mit oropharyngealen Verletzungen auftreten.
- ▶ Ein Aufblähen des Magens ist möglich, wenn die Beatmung über das falsche ösophageale Lumen erfolgt.

Atemwegsmanagement über die Membrana cricothyroidea

Ist Personal verfügbar, das das Management des schwierigen Atemweges beherrscht und endotracheal intubieren

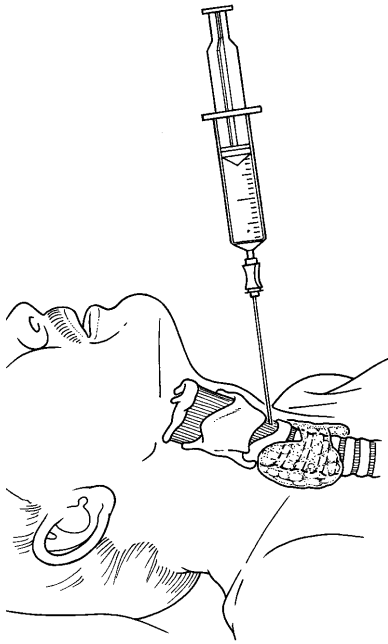


Abb. 17 ▲ Die Nadelkoniotomie

kann, ist eine operative Atemwegssicherung bei Patienten mit Herzstillstand sehr selten notwendig, es sei denn eine Verletzung des Kopfes oder Halses kompliziert die Situation. Bei Patienten mit manifestem oder drohendem Herzstillstand, sollte ein direkter operativer Zugang zur Trachea durch die Membrana cricothyroidea (Koniotomie) durchgeführt werden, wenn keine schwere Verletzung in dieser Region vorliegt. Die Tracheotomie ist in Notfallsituationen extrem schwierig und normalerweise durch eine ausgedehnte Blutung aus den Schilddrüsengefäßen behindert. Sie wird nicht weiter besprochen, da sie praktisch keinen Platz im Atemwegmanagement während eines Kreislaufstillstandes hat.

Es gibt einige Methoden, um einen Zugang zum Atemweg durch die Membrana cricothyroidea zu erreichen.

Zu diesen gehören:

- ▶ die Nadelkoniotomie,
- ▶ die operative Koniotomie,
- ▶ verschiedene speziell gestaltete Nadeln, die nach einer „Stich“-Inzision mit oder ohne Seldingerdraht eingeführt werden können.

Alle diese Methoden sind in Notfallsituationen schwierig und gefährlich. Sie sollten nur dann durchgeführt werden, wenn keine andere Möglichkeit besteht, und nur durch ausgebildetes und erfahrenes Personal angewandt werden.

Die Nadelkoniotomie

Technik (Abb. 17)

- ▶ Eine 14 G (2,0 mm) Venenverweilkanüle wird leicht nach kaudal gerichtet, um eine Verletzung der Stimmlippen zu vermeiden, durch die Membrana cricothyroidea eingeführt. Mit einer aufgesetzten 20 ml Spritze, mit der kontinuierlich aspiriert wird, bis freier Luftfluß eintritt (Abb. 17).
- ▶ Die Nadel wird dann entfernt, wobei die Verweilkanüle in situ verbleibt.
- ▶ Die korrekte Plazierung der Verweilkanüle wird durch freie Luftaspiration erneut bestätigt.
- ▶ Eine 14 G Kanüle hat einen ungenügenden Durchmesser, um eine ausreichende Spontanatmung zu ermöglichen. Eine positive Druckbeatmung, die durch eine Hochdruckquelle geliefert wird, ist die beste Möglichkeit. Wenn eine Hochdrucksauerstoffquelle nicht vorhanden ist, wird ein Konnektor, der für einen 3.0 mm Endotrachealtubus bestimmt ist, auf die Kanüle montiert, und ein selbstfüllender Beatmungsbeutel kann dann angeschlossen werden. Eine Beatmung durch diese Methode ist grenzwertig und nur ausreichend, um sich einige Minuten Zeit zu verschaffen, bis eine Alternative verfügbar ist. Bessere Ergebnisse werden mit speziell für diesen Zweck entwickelten 4,0 mm starken, widerstandsfähigen Kanülen erzielt, die von verschiedenen Herstellern erhältlich sind.
- ▶ Eine ausreichende Beatmung kann durch eine nicht dehnbare Röhre mit Hilfe eines Jet-Beatmungssystems ermöglicht werden, das direkt an den Sauerstoffzylinder mit einem Druckregulator, der einen Druck in der Höhe von 400 kPa ermöglicht, angeschlossen ist.
- ▶ Eine Beatmung wird durchgeführt, indem ein Finger intermittierend ein Loch in der Sauerstoffröhre verschließt,

oder durch ein speziell gestaltetes System mit einem manuell bedienten Auslöser, das eine Beatmung bewirkt, wenn dieser gedrückt wird.

- ▶ Jede Beatmung muß sorgfältig überwacht werden, und der Auslöser muß sofort losgelassen werden, wenn eine normale Thoraxexpansion erfolgt ist, sonst besteht die Gefahr eines Barotraumas der Lunge.
- ▶ Genügend Zeit muß verbleiben, um die Luft aus der Lunge abzulassen. Um diese Technik sicher zu gestalten, muß ein freier Weg durch Larynx und Mund vorhanden sein, damit die Ausatemluft entweichen kann, sonst wird unmittelbar ein Barotrauma der Lunge mit lebensbedrohlichem Haut- und Mediastinalemphysem entstehen.

Operative Koniotomie

Einige Institute haben ihre Fälle notfallmäßiger Koniotomien beschrieben [67–77]. Die meisten davon wurden bei Traumen durchgeführt; nur einige Koniotomien wurden während einer HLW durchgeführt.

Technik

- ▶ Ein 2–3 cm langer Quer- oder Längseinschnitt wird in die Haut über der Membrana cricothyroidea gesetzt (Abb. 18).
- ▶ Das subkutane Gewebe bis zur Membran wird mit einer stumpfen Arterienzange präpariert, und ein selbsthaltender Spreizer eingesetzt, um die Membran darzustellen.
- ▶ Die Membran wird 1 cm quer eingeschnitten, und der Griff des Skalpells wird in diesen Einschnitt eingeführt und um 90° gedreht, um damit den Atemweg zu erreichen.
- ▶ Alternativ kann eine spitze Schere benutzt werden, um die Sektion, Inzision und das Aufspreizen der Inzision durchzuführen, bevor ein Tubus eingeführt wird. Diese Technik kann sicherer sein, als der Gebrauch eines Skalpells.
- ▶ Eine angefeuchtete 6,5–7,0 mm Tracheostomiekanüle oder ein Endotrachealtubus wird in den Einschnitt eingeführt und in Richtung der unteren Trachea geschoben.

- Der Cuff wird aufgeblasen, der Tubus mit einem Band gesichert und an ein Beatmungsgerät angeschlossen.
- Danach Auskultation der Lunge

Gefahren und Vorsichtsmaßnahmen. Es scheint sicher, daß die operative Koniotomie die beste operative Atemwegssicherung bei Patienten mit Kreislaufstillstand ist. Wie auch immer, es gibt keine guten prospektiven Studien: die Komplikationsrate ist, auch wenn sie viel niedriger als bei der operativen Tracheostomie ist, nicht als geringfügig zu bezeichnen. Sie beinhaltet totales Mißlingen (bis zu 12%), einen verzögerten Erfolg und späte Komplikationen [72]. Einige Vorsichtsmaßnahmen sollten bei einer operativen Koniotomie getroffen werden. Die Inzision in die Haut und die Membrana cricothyroidea sollte nicht zu weit nach lateral oder unten ausgedehnt werden, um Arterien, Venen und die Schilddrüse zu schützen. Die Inzision sollte im unteren Teil der Membrana cricothyroidea durchgeführt werden, um die Cricothyroidarterien nicht zu verletzen. Ein Durchschneiden des Ringknorpels oder der Trachealringe führen zu Spät komplikationen, wie einer subglottischen Stenose. Das Führen des Skalpells kopfwärts riskiert ein Verletzen der Stimmbänder.

Indikationen und Kontraindikationen. Eine operative Koniotomie ist bei Patienten mit lebensbedrohlicher Verlegung der Atemwege indiziert, wenn eine orale oder nasale Intubation kontraindiziert

oder unmöglich ist, und die Atemwege nicht auf eine andere Weise gesichert werden können. Fortdauernde erfolglose Versuche einer endotrachealen Intubation führen zu einer übermäßigen Verzögerung der Atemwegskontrolle und Oxigenation [78]. Dennoch ist die Inzidenz von Komplikationen bei der Koniotomie relativ hoch.

Kontraindiziert ist diese Maßnahme, wenn eine endotracheale Intubation einfach und schnell ausgeführt werden kann, und bei akuten Erkrankungen und Verletzungen des Larynx. Das Verfahren ist relativ kontraindiziert bei Kindern im Alter unter 10 Jahren, es sei denn, die Atemwege können auf andere Weise nicht gesichert werden.

Erweitertes Beatmungsmanagement

Sauerstoffbetriebene Beatmungsgeräte

Sauerstoffbetriebene Beatmungsgeräte wurden entwickelt, um die selbstfüllenden Beatmungsbeutel zu ersetzen. Sie werden direkt durch eine Hochdruck (400 kPa) - Sauerstoffquelle betrieben, und sind somit in einer kontaminierten Atmosphäre wertvoll. Das Gerät kann an eine Gesichtsmaske, Larynxmaske, Combitubus, Endotrachealtubus oder Tracheostomiekannüle angeschlossen werden. Ein FiO_2 von 1,0 ist gesichert.

Zwei Arten von sauerstoffbetriebenen Beatmungsgeräten sind erhältlich:

- Manuell gesteuerte Beatmungsgeräte
- Automatisch gesteuerte Beatmungsgeräte

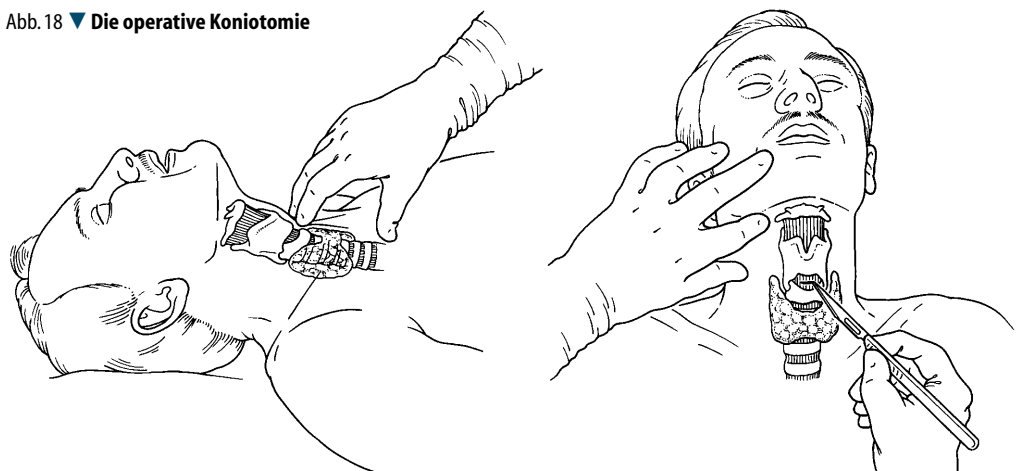
Manuell gesteuerte Beatmungsgeräte

Diese Geräte werden durch manuelles Drücken eines Hebels oder Knopfes am Patientenventil gesteuert. Beide Hände können für dichten Sitz einer Beatmungsmaske und freie Atemwege sorgen. Allerdings fehlt ein „Gefühl“, verglichen mit dem Beatmungsbeutel während der Inspirationsphase, was leicht zu einer Magenüberblähung führen kann. Anders als bei den automatischen Geräten ist ein Helfer ausschließlich mit der Beatmung gebunden, auch wenn ein Endotrachealtubus liegt. Einige Modelle haben ein bedarfsweise auslösendes Ventil (Demandventil), um eine assistierte Beatmung zeitgleich mit den eigenen Inspirationsversuchen des Patienten zu gewährleisten.

Konstruktionsanforderungen:

- Eine kompakte, robuste, leichte, ergonomische Konstruktion.
- Ein bequem angebrachter Auslöser, der auch bedient werden kann, während mit beiden Händen die Gesichtsmaske gehalten wird.
- Ein 15/22 mm Konnektor sollte angeschlossen werden können.
- Die Möglichkeit 100% Sauerstoff bei einer Flußrate, die nicht größer als 40 l/min ist, bereitzustellen.
- Ein Unterbrechungsventil für einen überhöhten Inspirationsdruck, das

Abb. 18 ▼ Die operative Koniotomie



bei Drucken über 60 cm H₂O öffnet und eine hörbare Warnung auslöst.

- ▶ Ein Bedarfsflußsystem, das auf spontane Atemversuche reagiert.
- ▶ Unter allen Umgebungsbedingungen und klimatischen Temperaturbereichen zufriedenstellende Funktion.

Automatische Beatmungsgeräte

Automatische Beatmungsgeräte werden häufig eingesetzt. Leistungsbeschreibungen sind vielfach publiziert [79–84]. Diese Beatmungsgeräte wechseln zwischen Inspiration und Expiration mittels eines Flüssigkeitslogiksystems oder durch elektronische Steuerung. Für den Einsatz im Notfall sollte der Wechsel volumen- und zeitgesteuert und nicht druckgesteuert erfolgen. Die automatischen Beatmungsgeräte liefern eine konsequente automatische Beatmung mit vorgegebenem Zugvolumen, Beatmungsfrequenz und -muster. Wenn ein Endotrachealtubus, Combitubus oder eine Larynxmaske in situ ist, ist der Retter frei, sich z.B. um eine venöse Kanülierung zu kümmern. Die automatischen Beatmungsgeräte weisen viele Inspirations- und Expirationenmuster auf. Bei einigen Modellen gibt es die Möglichkeit einer Beatmung mit Luft/Sauerstoffgemischen, um Sauerstoff zu sparen, einige verfügen über ein Bedarfsventil, um die Beatmung mit den Inspirationsbemühungen des Patienten zu synchronisieren. Die Modelle mit einer niedrigen inspiratorischen Flußrate und einem Überdruckventil mit hörbarem Alarm sind am zufriedenstellendsten. Möglicherweise stellen sie eine geringere Gefahr für eine Mageninsufflation bei einem Einsatz mit der Gesichtsmaske dar, als mit dem selbstfüllenden Beatmungsbeutel.

Konstruktionsanforderungen:

- ▶ Eine kompakte, robuste, leichte und tragbare Ausführung. Die Gesamtausmaße sollten die Größe von 20 x 10 x 20 cm, und das Gewicht von 5 kg nicht überschreiten.
- ▶ Ein 15/22 mm Anschluß sollte verwendet werden.

- ▶ Die Abgabe von 100% Sauerstoff mit einer Flußrate von 40 l/min muß möglich sein.
- ▶ Ein Zugvolumen von 600 ml bei einer Compliance von 20 ml/cm H₂O und einer Resistance von 20 cm H₂O/l/s bei einem Inspirations-/Expirationenverhältnis von 1:2 und einer Beatmungsfrequenz von 20/min sollte gewährleistet sein.
- ▶ Ein Volumen/Zeit Auslösemechanismus mit einem Auslösedruck von 1–2 cm H₂O sollte vorhanden sein.
- ▶ Eine volumenkonstante Beatmung sollte möglich sein.
- ▶ Ein inspiratorisches Überdruckventil mit hörbarem Alarm sollte bei Drucken über 60 cm H₂O öffnen.
- ▶ Ein Bedarfsventil sollte auf spontane Atemversuche reagieren.
- ▶ Es sollte unter allen Umgebungsbedingungen und klimatischen Temperaturbereichen zufriedenstellend funktionieren.

Andere wertvolle optionale Anforderungen:

- ▶ Eine variable Gasmischmöglichkeit, die einen FiO₂ innerhalb eines Bereichs von 1,0 bis 0,4 ermöglicht und Sauerstoff einspart.
- ▶ Ein PEEP-Ventil mit einem Druck bis zu +10 cm H₂O.
- ▶ Die Möglichkeit eines manuellen Auslösemechanismus
- ▶ Ein Diskonnektionsalarm
- ▶ Variable Inspirationsflußrate und Einstellung des I/E-Verhältnisses.
- ▶ Eine Atemwegsdrucküberwachung.

Überwachung der Beatmung

Die Lungencompliance sinkt während eines Herzstillstands, ein veno-arterieller Shunt und ein Lungenödem können ebenfalls auftreten. Dies alles sind Umstände, die zu einer Hypoxie führen, welche auch mit einer optimalen Beatmung schwer zu überwinden ist [85]. Ein PEEP kann helfen, allerdings auf Kosten der Perfusion [86].

Die folgenden Beatmungsparameter sollten während der HLW überwacht werden:

- ▶ das endtidale Kohlendioxid
- ▶ die Pulsoximetrie
- ▶ der Inspirationsdruck
- ▶ der Säure-Basen-Status

Das endtidale Kohlendioxid

Das endtidale CO₂ bleibt während eines Herzstillstandes niedrig, hauptsächlich dadurch, daß wenig CO₂ in den Lungen abgegeben wird [87]. Wenn die Herzauswurfleistung als Ergebnis der Reanimation oder durch Wiederauftreten einer Spontanzirkulation ansteigt, steigt das endtidale CO₂ logarithmisch an [88] und kann zum Maßstab für ein angemessenes Beatmungsvolumen werden (vorausgesetzt, daß nur ein geringes Ventilations/Perfusionsmißverhältnis vorliegt). Darüberhinaus ist das endtidale CO₂ ein indirektes Maß für die Herzauswurfleistung und die Gewebepfusion.

Die Pulsoximetrie

Die Pulsoximetrie wird bislang nur selten während eines Herzstillstandes eingesetzt. Sie ist aber eine sinnvolle Überwachung der Sauerstoffsättigung und des Pulsflusses nach Wiederauftreten eines Spontankreislaufs. Sie ist ungenau bei einem niedrigen Fluß (systolischer Blutdruck <50 mm Hg) und hat natürlich keine lineare Beziehung zum arteriellen Sauerstoffpartialdruck.

Resümee

- ▶ Atemwegssicherung und Beatmung sind wesentliche Bestandteile der Kardiopulmonalen Reanimation.
- ▶ Basismaßnahmen alleine reichen oftmals aus, eine ausreichende Oxygenation und Ventilation bereitzustellen.
- ▶ Durch angemessene Übung können Zusatzgeräte die Zuverlässigkeit dieser Basistechniken verbessern.

Literatur

1. Baskett PJF (1996) **Guidelines for the basic management of the airway and ventilation during resuscitation.** Resuscitation 31:187–200
2. Baskett PJF (1996) **Guidelines for the advanced management of the airway and ventilation during resuscitation.** Resuscitation 31:201–230
3. Gabbott DA, Baskett PJF (1997) **Management of the airway and ventilation during resuscitation.** Br J Anaesth 79:159–171
4. Safar P (1958) **Ventilatory efficiency of mouth to mouth respiration: airway obstruction during manual and mouth to mouth artificial ventilation.** JAMA 167:335
5. Safar P, Aguto Escarraga L, Chang F (1959) **A study of upper airway obstruction in the unconscious patient.** J Appl Physiol 14:760
6. Elam JO, Greene OG, Schneider MA et al. (1960) **Head tilt method of oral resuscitation.** JAMA 172:812–815
7. Morikawa S, Safar P, De Carlo J (1961) **Influence of head position on upper airway patency.** Anesthesiology 22:265–270
8. Ruben HM, Elam JO, Ruben AM (1961) **Investigation of upper airway problems in resuscitation.** Anesthesiology 22:271–279
9. Greene DG, Elam JO, Dobkin AB et al. (1961) **Cinefluorographic study of hyperextension of the neck and upper airway patency.** JAMA 176:570–573
10. Committee on Trauma of the American College of Surgeons (1957) **Advanced Trauma Life Support Instructor Manual.** American College of Surgeons, Chicago
11. Nolan JP, Parr MJA (1997) **Aspects of resuscitation in trauma.** Br J Anaesth 79:226–240
12. Elam JO, Brown ES, Elder JD (1954) **Artificial respiration by the mouth to mouth method. A study of the respiratory gas exchange in paralysed patients ventilated by the operator's expired air.** N Engl J Med 150:749–753
13. Elam JO, Greene DG, Brown ES et al. (1958) **Oxygen and carbon dioxide exchange and energy cost of expired air resuscitation.** JAMA 167:328
14. Safar P, Aguto Escarraga L, Elam JO (1958) **A comparison of the mouth to mouth and mouth to airway methods of artificial respiration with the chest-pressure arm-lift methods.** N Engl J Med 258:671
15. Elam JO, Greene DG (1961) **Mission accomplished: successful mouth to mouth resuscitation.** Anesth Analg 40:440–672
16. Thomas AN, O'Sullivan K, Hyatt J, Barker SJ (1993) **A comparison of bag mask and mouth mask ventilation in anaesthetised patients.** Resuscitation 26:13–21
17. Johannigmann JA, Branson RD, Davis KRRT, Hurst JM (1991) **Technique of emergency ventilation: A model to evaluate tidal volume, airway pressure and gastric inflation.** J Trauma 31:93–98
18. Stahl JM, Cutfield GR, Harrison GA (1992) **Alveolar oxygenation and mouth-to-mask ventilation: effects of oxygen insufflation.** Anaesth. Intensive Care 20:177–186
19. Palmisano JM, Moler FW, Galura C, Gordon M, Custer JR (1993) **Influence of tidal volume, respiratory rate and supplementary oxygen flow on delivered oxygen fraction using a mouth ventilation device.** J Emerg Med 11:685–689
20. Carden E, Bemstein M (1970) **Investigation of the nine most commonly used resuscitator bags.** JAMA 212:589–592
21. Johnstone RE, Smith TC (1973) **Rebreathing bags as pressure-limiting devices.** Anesthesiology 38:192–194
22. Kissoon N, Nykanen D, Tiffin N, Frewen T, Brasher P (1991) **Evaluation of performance characteristics of disposable bag-valve resuscitators.** Crit Care Med 19:102
23. Le Bouef LL (1980) **Assessment of eight adult manual resuscitators.** Respiratory Care 25:1136–1142
24. Lindell DW, Bortle Ch, Cohen SB, Cone DC, Davidson SJ (1994) **Emergency ventilation volumes: a comparison of commonly used ventilators during two-person cardiac resuscitation.** Prehospital Disaster Med 63
25. Baskett PJF (1993) **Resuscitation Handbook, 2nd edn.** Mosby Europe, London, pp 37–39
26. Lotz P, Dick W, Ahnefeld FW, Wyrwoll K, Becker M (1983) **Vergleichende Untersuchungen von Handbeatmungsgeräten. Teil I: Prinzipielle Aspekte, Testkriterien – allgemeine Eigenschaften der untersuchten Geräte.** Notfallmedizin 9:745–763
27. Lotz P, Dick W, Ahnefeld FW, Wyrwoll K, Becker M (1983) **Vergleichende Untersuchungen von Handbeatmungsgeräten Teil II: Meßergebnisse.** Notfallmedizin 9:825–844
28. Lotz P, Schlipf M, Ahnefeld FW, Dick W (1986) **Vergleichende Untersuchungen von Handbeatmungsgeräten. Teil IV: Der Übergangsbereich zwischen Kinder- und Erwachsenen-Geräten am Beispiel von Ambu-Baby, Ambu Mark III und Weinmann-Combi-Bag.** Notfallmedizin 12:396–422
29. Augustine JA, Seidel DR, McCabe IB (1987) **Ventilation performance using a self inflating anaesthesia bag: effect of operator characteristics.** Am J Emerg Med :267–270
30. Rosenberg A, Carli P (1990) **End tidal CO₂ during pre-hospital cardiopulmonary resuscitation.** Anesthesiology A73:531
31. Idris AH, Banner MJ, Wenzel V, Fuerst RS, Becker LB, Melker RJ (1994) **Ventilation caused by external chest compression is unable to sustain effective gas exchange during CPR: a comparison with mechanical ventilation.** Resuscitation 28:143–150
32. Garrett AR, Ornato JP, Gonzalez ER, Johnson EB (1987) **End Tidal Carbon Dioxide Monitoring during Cardiopulmonary Resuscitation.** JAMA 257:512–515
33. Baskett PJF, Nolan JP, Pair MJ (1996) **Tidal Volumes perceived to be adequate for resuscitation.** Resuscitation 31:231–234
34. Sellick BA (1961) **Cricoid pressure to control regurgitation of stomach contents during the induction of anaesthesia.** Lancet II:404
35. Bircher NG, Wolf Creek III (1985) **A time to look forward, a time to look back.** Crit Care Med 13:950
36. Melker RJ, Banner MJ (1985) **Ventilation during CPR two rescuer standards re-appraised.** Ann Emerg Med 14:197
37. Lawes EG, Campbell I, Mereer D (1987) **Airways inflation pressure, distension and the accelerated induction technique.** Br J Anaesth
38. Lawes EG, Baskett PJF (1987) **Pulmonary Aspiration during unsuccessful cardiopulmonary resuscitation.** Intensive Care Med 13:379–382
39. Brain AIJ (1983) **The Laryngeal Mask - a new concept in airway management.** Br J Anaesth 55:801–805
40. Pennant JH, Walker MB (1992) **Comparison of the endotracheal tube and laryngeal mask in airway management by paramedical personnel.** Anesth Analg 74:531–534
41. Davies PRF, Tighe SQM, Greenslade GL, Evans GH (1990) **Laryngeal mask airway and tracheal tube insertion by unskilled personnel.** Lancet 336:977–979
42. Alexander R, Hodgson P, Lomax D, Bullen C (1993) **A comparison of the laryngeal mask airway and Guedel airway, bag and face-mask for manual ventilation.** Anaesthesia 48:231–234
43. Martin PD, Cyna AM, Hunter WAH, Henry J, Ramayya GR (1993) **Training nursing staff in airway management for resuscitation.** Anaesthesia 48:133–137
44. Owens MT, Robertson P, Twomey C, Doyle M, McDonald N, McShane A (1993) **The incidence of gastroesophageal reflux using the laryngeal mask: A comparison with the face mask using esophageal electrodes.** Anesth Analg 980–984
45. Brimacombe IR, Berry A (1995) **The incidence of aspiration associated with the laryngeal mask airway: A meta-analysis of published literature.** J Clin Anaesth 7:297–305
46. Leach A, Alexander CA, Stone B (1993) **The laryngeal mask in cardiopulmonary resuscitation in a district general hospital: a preliminary communication.** Resuscitation 25:245–248
47. Baskett PJF (1994) **The use of the laryngeal mask airway by nurses during cardiopulmonary resuscitation. Results of a multicentre trial.** Anaesthesia 49:3–7
48. Kokkinis TI (1994) **The use of the laryngeal mask airway in CPR.** Resuscitation 27 1:9–12
49. Brain AIJ (1985) **Three cases of difficult intubation overcome by the laryngeal mask airway.** Anaesthesia 40:353–355
50. Brain AIJ (1984) **The laryngeal mask airway – a possible new solution to airway problems in the emergency situation.** Arch Emerg Med 1:229–232

51. Calder I, Ordman AJ, Jackowski A, Crockard HA (1990) **The Brain laryngeal mask airway. An alternative to emergency tracheal intubation.** *Anaesthesia* 45:137–139
52. Greene MK, Roden R, Hinchley G (1992) **The laryngeal mask airway. Two cases of pre hospital trauma care.** *Anaesthesia* 47:688–689
53. Samarkandi AH, Seraj MA, El Dawlathy A, Mastan M, Bahamces HB (1994) **The role of the laryngeal mask airway in cardiopulmonary resuscitation.** *Resuscitation* 28:103–106
54. Ansermino JM, Blogg CE (1992) **Cricoid pressure may prevent insertion of the laryngeal mask airway.** *Br J Anaesth* 69:465–467
55. Brimacombe J (1991) **Cricoid pressure and the laryngeal mask airway.** *Anaesthesia* 46:986–987
56. Brimacombe J, White A, Berry A (1993) **Effect of cricoid pressure on ease of insertion of the laryngeal mask airway.** *Br J Anaesth* 71:800–802
57. Strang TI (1992) **Does the laryngeal mask airway compromise cricoid pressure?** *Anaesthesia* 47:829–831
58. Brain AIJ, Verghese C, Addy EV, Kapila A (1997) **The intubating laryngeal mask 1: development of a new device for intubation of the trachea.** *Br J Anaesth* 9:699–703
59. Brain AIJ, Verghese C, Addy EV, Kapila A, Brimacombe J (1997) **The intubating laryngeal mask II: a preliminary clinical report of a new means of intubating the trachea.** *Br J Anaesth* 79:704–709
60. Kapila A, Addy EV, Verghese C, Brain AIJ (1997) **The intubating laryngeal mask airway: an initial assessment of performance.** *Br J Anaesth* 79:710–713
61. Baskett PJF, Parr MJA, Nolan JP et al. (1999) **The intubating laryngeal mask: results of a multicentre trial with experience of 500 cases.** (in press)
62. Frass M, Rodler S, Frenzer, Ilias W, Leithner C, Lackner E (1989) **Esophageal tracheal Combitube, endotracheal airway and mask: comparison of ventilatory pressure curves.** *J Trauma* 29:1476–1479
63. Frass M, Frenzer R, Rauscha R, Weber H, Pacher R, Leithner C (1987) **Evaluation of the esophageal tracheal Combitube in cardiopulmonary resuscitation.** *Crit Care Med* 15:609–611
64. Frass M, Johnson JC, Alherion GL, Fruhwald FX, Traindl O, Schwaighofer B, Leithner C (1989) **Esophageal tracheal Combitube (ETC) for emergency intubation: an anatomical evaluation of ETC placement by radiography.** *Resuscitation* 18:95–102
65. Staudinger T, Brugger S, Watschinger B et al. (1993) **Emergency intubation with the Combitube: comparison with the endotracheal airway.** *Ann Emerg Med* 22:1573–1575
66. Atherton G, Johnson JC (1993) **Ability of paramedics to use the Combitube in prehospital cardiac arrest.** *Ann Emerg Med* 22:1263–1268
67. Boyd A, Conlan A (1979) **Emergency cricothyrotomy: Is its use justified?** *Surg Round* 2:19–23
68. DeLaunier G, Hawkins M, Treat R, Mansberger Jr A (1990) **Acute airway management: Role of cricothyroidotomy.** *Am Surg* 56:12–15
69. Erlanson M, Clinton J, Ruiz E et al. (1989) **Cricothyroidotomy in the emergency department revisited.** *J Emerg Med* 7:115–118
70. McGill J, Clinton J, Ruiz E (1982) **Cricothyroidotomy in the emergency department.** *Ann Emerg Med* 11:36–364
71. Miklus R, Elliot C, Snow M (1989) **Surgical cricothyrotomy in the field: Experience of a helicopter transport team.** *J Trauma* 29:506–508
72. Spaite D, Joseph M (1990) **Prehospital cricothyrotomy: An investigation of indications, technique, complications and patient outcome.** *Ann Emerg Med* 19:279–285
73. Nugent W, Rhee K, Wisner D (1991) **Can nurses perform surgical cricothyrotomy with acceptable success and complication rates.** *Ann Emerg Med* 20:367–370
74. Salvino C, Dries D, Gamely R, Murphy-Macabobby M, Marshall W (1993) **Emergency cricothyroidotomy in trauma victims.** *J Trauma* 34:503–505
75. Boyle MF, Hatton D, Sheets C (1993) **Surgical cricothyrotomy performed by air ambulance flight nurses: a 5-year experience.** *J Emerg Med* 11:41–45
76. Hawkins ML, Shapiro MB, Cue JI, Wiggins SS (1995) **Emergency cricothyrotomy: a reassessment.** *Am Surgeon* 61:52–55
77. Jacobson LE, Gomez GA, Sobieray RJ, Rodman GH, Solotkin KC, Misinski ME (1996) **Surgical cricothyroidotomy in trauma patients: analysis of its use by paramedics in the field.** *J Trauma* 41:15–20
78. Mace S (1988) **Cricothyrotomy.** *J Emerg Med* 6:309–319
79. Dick WF (1989) **Respiratorische Notfälle: Geräte für die Diagnostik, Therapie und Überwachung.** *Notfallmedizin* 15:253
80. Adams AP, Henville JD (1977) **A new generation of anaesthetic ventilators.** *Anaesthesia* 32:34–40
81. Baskett PJF (1992) **Advances in cardiopulmonary resuscitation.** *Br J Anaesth* 69:182–193
82. ISO (1986) **Resuscitators intended for use with humans: International Organisation for Standardisation.** ISO/Dis 8382
83. Nolan JP, Baskett PJE (1992) **Gas powered and portable ventilators: An evaluation of six models.** *Prehospital Disaster Med* 7:25–34
84. World Federation of Societies of Intensive and Critical Care Medicine: Committee of Ventilator Technology (1993) **Classification and minimal requirements of ventilators.** *Intens Crit Care Dig* 12:29–30
85. Ornato JP, Bryson BL, Donovan PJ, Farquharson RR, Jaeger C (1983) **Measurement of ventilation during cardiopulmonary resuscitation.** *Crit Care Med* 11:79–82
86. Hodgkin BC, Lambrew CT, Lawrence FH, Angelakos ET (1980) **Effects of PEEP and of increased frequency of ventilation during CPR.** *Crit Care Med* 8:123–126
87. Garnett AR, Ornato JP, Gonzalez ER, Johnson EB (1987) **End tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation.** *JAMA* 257:512–515
88. Ornato JP, Garnett AR, Glauser FL (1990) **Relationship between cardiac output and the end tidal carbon dioxide tension.** *Ann Emerg Med* 19:1104–1106
89. Severinghaus JW, Spielman MJ (1990) **Pulse Oximetry Failure thresholds in hypotension and ischaemia.** *Anesthesiology* 73:532–537