

Notfallmedizin Aktuell

Der Patient braucht Sauerstoff

(Moderation: Univ.-Prof. Dr. G. Prause)

Zusammenfassung des AGN-Jour-fixe 6/04
verfasst von:
Markus Gschanes



Notfallmedizin Aktuell

Der Patient braucht Sauerstoff

Moderation: Univ.-Prof. Dr. G. Prause
(Univ.-Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin Graz)

Bereits seit dem 18. Jahrhundert ist der Sauerstoff, damals noch als „Feuergas“ bezeichnet, der Menschheit ein Begriff. Die Bedeutung für das Leben des Menschen wurde erst viel später erkannt.

Heute ist uns allen klar: Ohne Sauerstoff kein Leben. Dieser plakative Grundsatz soll im Folgenden etwas näher betrachtet werden.

1 Die Sauerstoffaufnahme – Ventilation, Perfusion und Diffusion

Vortrag: Ass.-Dr. J. Kainz
(Institut für Anästhesie und Intensivmedizin, LKH Graz - West)

1.1 Physikalische Grundlagen

Die Umgebungsluft, die wir einatmen, besteht aus einem Gasgemisch, das 21% Sauerstoff, 78% Stickstoff, einen geringen Anteil (< 1%) Edelgase, sowie einen minimalen Anteil CO₂ enthält.

Für die physiologischen Vorgänge der Atmung, für die Diffusion der Gase durch die alveolokapilläre Membran der Lunge ist aber vor allem der Partialdruck der beteiligten Gase, bzw. der Gradient desselben von Bedeutung.

Der Partialdruck eines Gases entspricht dem Anteil am Barometerdruck, den das entsprechende Gas beisteuert (= Barometerdruck x Gasfraktion; z.B. für O₂: 760 x 0,21=159). Der Sauerstoffpartialdruck in der Alveole ist etwas geringer, da sich auf der einen Seite das frisch inhalierte Gas in der Lunge mit dem dort schon vorhandenen Gas mischt, auf der anderen Seite ist die Luft in den Atemwegen mit Wasserdampf gesättigt, sodaß der Wasserdampfdruck noch abgezogen werden muß.

So erhält man am Ende in der Alveole bei Raumluft einen Sauerstoffpartialdruck (pO₂) von nicht mehr als 100 mmHg.

Beschrieben wird dieser Umstand durch das *Dalton – Gesetz*.

1.2 Physiologische Grundlagen

Das Atemgas gelangt durch die Ventilation in den Körper. Als Ventilation wird das kontinuierliche be- und entlüften der Lunge bezeichnet. Die Luft strömt dabei entlang eines Druckgefälles in die Lungen. Dieser Sog wird durch die Atemmuskulatur aufgebaut. Dieser Umstand ist bei der Beatmung wichtig, bei allen Überdruckbeatmungen, wie sie in der Notfallmedizin angewandt werden, wird der Druckgradient durch einen Überdruck von außen erzeugt.

Die Elastizität der Lunge, die Compliance und die Resistance nehmen einen großen Einfluß auf die Atmungsfunktion.

Die Gravitation bewirkt regionale Veränderungen in der Lungenbelüftung: In den apikalen Lungenabschnitten, die stärker vorgedehnt sind, ist die Belüftung wesentlich besser, als in den basalen Abschnitten.

1.2.1 Diffusion

Der Übertritt der Atemgase aus dem Alveolarraum ins Blut erfolgt passiv, aufgrund eines Konzentrationsgradienten. Eine bedeutende Rolle bei diesem Gasaustausch spielt die Dicke der alveolokapillären Membran. Beim Gesunden ist diese nicht größer als 1µm. Die physikalische Gesetzmäßigkeit des Gasaustauschs wird durch das *Fick'sche Gesetz* beschrieben.

1.2.2 Ventilations – Perfusions – Verhältnis

Es beschreibt den Zusammenhang zwischen Lungenbelüftung und Lungendurchblutung. Beide nehmen von der Lungenspitze in Richtung Lungenbasis ab, wobei die Perfusion stärker zurückgeht als die Ventilation. Dadurch kommt unter physiologischen Bedingungen über die gesamte Lunge ein Ventilations – Perfusions – Verhältnis von 0,8 zustande.

1.2.3 Totraum

Man unterscheidet prinzipiell den anatomischen Totraum vom funktionellen Totraum. Ersterer ist in den Lehrbüchern recht eindeutig definiert, als diejenigen Anteile des Atmungstraktes, die der Luftleitung dienen und in denen kein Gasaustausch stattfindet (z.B: Trachea, Bronchien,...).

Der funktionelle Totraum ist beim Lungengesunden eher klein, kann sich aber durch pathologische Prozesse vergrößern.

Der Vollständigkeit halber sei auch auf den technischen Totraum hingewiesen: Er wird durch den Mediziner geschaffen, indem er den Luftleitenden Anteil vergrößert (z.B: Endotrachealtubus, Filter, Schlauchsysteme vor dem Ventil,...).

1.2.4 Shunt

Als Shunt wird ein Bezirk der Lunge bezeichnet, wo Blut ohne am Gasaustausch teilgenommen zu haben in den Körperkreislauf zurückkehrt. Physiologischerweise ist dies im Körper durch Gefäßkurzschlüsse der Fall (z.B: Vv.cordis.minimae, Vv.bronchiales).

1.3 Ventilationsstörungen

Bei Ventilationsstörungen geht das Ventilations-Perfusions-Verhältnis (V_A/Q) gegen 0. Es liegt also ein Lungenbezirk vor, der zwar perfundiert, aber nicht, oder nur schlecht, ventiliert wird. Häufige Notfallbilder, die zu einer Ventilationsstörung führen sind zum Beispiel das alveoläre Lungenödem, Atelektasenbildung, ARDS, Pneumonie, Obstruktive Lungenerkrankungen oder Bolusgeschehen. In weiterer Folge wird durch eine Erhöhung des Shuntvolumens die venöse Beimischung verstärkt. Klinisch lässt sich ein verminderter Sauerstoffgehalt des Blutes (pO_2) feststellen, bei weitgehend normalem pCO_2 . Eventuell liegt sogar eine Hypokapnie vor, da der Patient auf die Ventilationsstörung mit einer Hyperventilation reagiert. Erst ab einer Shuntfraktion von mehr als 50% beginnt der pCO_2 anzusteigen. Eine Erhöhung der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration führt nur zu einer minimalen Verbesserung der Oxygenierung.

1.3.1 Therapie der Ventilationsstörungen

Trotz der nur geringen Verbesserung ist natürlich eine Sauerstoffgabe angezeigt. Wenn möglich soll eine kausale Therapie durch eine entsprechende Medikation eingeleitet werden.

Eine relativ junge Therapieoption in der Präklinik ist die Nicht Invasive Beatmung (NIV). Führt auch diese Möglichkeit nicht zum gewünschten Erfolg bleibt nur noch die kontrollierte Beatmung nach Narkoseeinleitung und Intubation.

1.4 Perfusionsstörungen

Die Lunge wird zwar belüftet, aber die Durchblutung ist eingeschränkt oder gänzlich zum Erliegen gekommen. Das V_A/Q geht gegen unendlich. Ursachen hierfür sind zum Beispiel eine Pulmonalembolie, jedes Schockgeschehen oder die cardiopulmonale Reanimation. Es kommt zu einer Zunahme des Totraums. Zu Beginn der Erkrankung sind die in der Blutgasanalyse feststellbaren Parameter im Normbereich. Erst bei Verlegung großer Teile des Gefäßquerschnitts der Lunge kommt es zu einer merkbaren reaktiven Hyperperfusion der gesunden Lungenanteile und es kommt in den gesunden Lungenpartien zu einer zusätzlichen Shuntbildung ($V_A/Q < 1$). Dann beginnt der pO_2 zu sinken, und der pCO_2 mäßig zu steigen.

1.4.1 Therapie der Perfusionsstörungen

Die Schockbekämpfung und cardiopulmonale Reanimationsmaßnahmen sind seit langem etablierte Notfalltherapien. Die systemische Lysetherapie ist bei Verdacht auf ein embolisches Geschehen überlegenswert.

1.5 Diffusionsstörungen

Nach dem Fick'schen Gesetz kann eine Diffusionsstörung auf der Abnahme der Austauschfläche, bzw. auf der Zunahme des Diffusionswiderstands oder auf der Verkürzung der Kontaktzeit von Blut und Alveole beruhen. Das Lungenödem, eine Lungenfibrose und ein ARDS können zu Diffusionsstörungen führen.

Hier ist die inhalative Sauerstoffgabe zur Verbesserung der Oxygenierung wesentlich. Da die Diffusion ein passiver Vorgang aufgrund eines Konzentrationsgradienten ist, wirkt sich die Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks durch die Sauerstoffgabe positiv auf die Diffusion aus.

2 Atmungs – Monitoring

Vortrag: Ass.-Dr. G. Wildner

(Univ.-klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Graz)

Die technischen Möglichkeiten des Patientenmonitoring in der Präklinik haben sich in den letzten Jahren weiterentwickelt, sodaß heute Untersuchungen zum präklinischen Standard zählen, die noch vor kurzer Zeit undenkbar gewesen wären.

Das Atmungs-Monitoring liefert dem Notarzt wichtige Messwerte in der Primärdiagnostik eines Atemnotfalls. Außerdem erlaubt es eine Verlaufskontrolle: auf der einen Seite kann der Erfolg der notärztlichen Therapie festgestellt werden, auf der anderen Seite können Verschlechterungen frühzeitig erkannt werden, teilweise noch bevor dies klinisch möglich ist.

Gerätetechnisch erhobene Messwerte dienen auch der Dokumentation. Dieser Umstand wird sicherlich in den nächsten Jahren noch an Bedeutung gewinnen, da auch die Notfallmedizin nicht vor zunehmenden Klagen gefeit ist.

2.1 Anforderung an ein ideales Monitoring

Ein im Notfallbereich verwendetes Monitoringsystem soll einfach in der Anwendung sein. Das betrifft sowohl die Bedienbarkeit und Größe des Geräts, wie auch die Anwendung am Patienten. Je weniger invasiv die Anwendung ist, umso besser.

An die Zuverlässigkeit eines solchen Geräts werden im präklinischen Bereich auch besondere Anforderungen gestellt: extreme Temperaturen, wie auch hohe mechanische Belastungen sind im Einsatz möglich.

Die Ergebnisse sollen eindeutig und leicht zu interpretieren sein.

2.2 Monitoring durch Patientenbeobachtung

Eines der ältesten in der Medizin verwendeten Monitoringverfahren ist die klinische Patientenbeobachtung durch den Untersucher. Was die respiratorische Funktion des Patienten betrifft, so sind durch einfache Beobachtung sowohl die Atemexkursionen, wie auch die Atemfrequenz erhebbar.

Störungen der Atmung sind durch pathologische Atmungsformen (z.B: Cheyne-Stokes-Atmung, Kussmaulatmung,...) erkennbar, aber auch durch das Hautkolorit (Zyanose). Unter bestimmten Voraussetzungen kann der Schein aber auch trügen:

Bei ausgebluteten Patienten und nach CO – Vergiftungen wird der Patient trotz ausgeprägter Hypoxie nicht zyanotisch. Um eine Zyanose klinisch erkennen zu können müssen 3-5 mg/dl des Hämoglobins desoxygeniert sein.

Die Auskultation ist in der Notfallmedizin zumeist durch die Rahmenbedingungen erschwert. Eine grobe Einschätzung, ob beide Lungen belüftet sind, oder pathologische Atemgeräusche vorliegen, ist aber zumeist möglich.

Palpation (was das Atmungs-Monitoring betrifft) und noch mehr die Perkussion sind nur sehr eingeschränkt in der Notfallsituation anwendbar. Ein eventuell vorliegendes Hautemphysem kann aber palpiert werden.

2.3 Apparatives Monitoring

2.3.1 Pulsoxymetrie

Der Anteil des oxygenierten Hämoglobins an der Gesamtkonzentration wird durch die Pulsoxymetrie photometrisch bestimmt. Normalwerte für die Pulsoxymetrie anzugeben ist sehr schwer, dennoch sollen 90% SaO₂ nicht unterschritten werden. Es gibt aber Menschen, die auch längere Zeit mit eines SaO₂ von 88% leben und trotzdem nicht unter respiratorischer Insuffizienz leiden.

Die ermittelte Sauerstoffsättigung muß immer im Kontext mit der Klinik des Patienten betrachtet werden.

Die Einsatzmöglichkeiten der Pulsoxymetrie sind breit gefächert: Sowohl zur initialen Diagnostik, als auch zur Verlaufskontrolle ist die Pulsoxymetrie geeignet. Am sinnvollsten ist aber der Einsatz zur Verlaufskontrolle. Obwohl zu bedenken ist, dass die Pulsoxymetrie ein sehr träges Überwachungsinstrument für Atmungsfunktion ist. Bei einem gut präoxygenierten Patienten, der zu atmen aufhört dauert es einige Minuten, ehe auch die Sauerstoffsättigung abfällt.



Abb.: Pulsoxy-Sensor

Fehlerquellen

Bei zentralisierten Patienten ist die Pulsoxymetrie zumeist nicht anwendbar. Die Ursachen der Zentralisation sind vielfältig: Patienten die längere Zeit im freien gelegen sind, sind soweit unterkühlt, dass eine zuverlässige Pulsoxymetrie nicht möglich ist. Auch im Rahmen eines Schockgeschehens ist die periphere Durchblutung soweit herabgesetzt, dass die Messung nicht verwertbar ist. Die Beurteilung der Pulscurve gibt hier Aufschluß über die Glaubwürdigkeit des angezeigten Werts.

Verschmutzte Finger, oder lackierte Fingernägel verursachen Störungen.

Die Pulsoxymetrie kann Methämoglobin und vor allem CO-Hb nicht aus dem Signal herausfiltern und liefert somit in solchen Fällen meist falsch hohe Ergebnisse. Neue Geräte, die aber zumindest in der Präklinik noch nicht im Einsatz sind und auch innerklinisch sicher nicht Standard sind können diesen Fehler ausschalten. Der Grund liegt in der Vermehrung der verwendeten Wellenlängen (herkömmliche Geräte arbeiten nur mit Licht zweier unterschiedlicher Wellenlängen).

2.3.2 Blutgasanalyse

Neben der Messung des pH-Werts, gibt die Blutgasanalyse (BGA) Aufschluß über den Sauerstoffpartialdruck, sowie den pCO₂. Für die Ventilation ist allerdings der

Parameter des $p\text{CO}_2$ fast wichtiger, da der Atemantrieb beim Lungengesunden über das CO_2 geregelt wird. Die Diagnosestellung alleine aus den Messwerten der BGA ist unmöglich, im Zusammenhang mit der Klinik lässt sich allerdings vor allem die Schwere der respiratorischen Störung beurteilen.

	Normalwert
pH	7,35 – 7,45
$p\text{O}_2$	70 – 100 mmHg
$p\text{CO}_2$	35 – 45 mmHg

Tab.1: BGA - Normalwerte

Fehlerquellen

Auch die BGA ist nicht frei von Fehlerquellen. Auf der einen Seite können diese im Bereich des Anwenders liegen: um eine verwertbare BGA zu bekommen, ist eine arterielle Punktion nötig.

Andererseits stellt der Sauerstoffpartialdruck, ein Maß für die gelöste Sauerstofffraktion dar. Diese korreliert meistens mit der gebundenen Fraktion, jedoch nicht immer.



Abb.: BGA Opti 1 (Fa.Osmetech)

Die Blutgasanalyse liefert derzeit die sicherste Auskunft über die Oxygenierung und die respiratorische Funktion des Patienten!!

2.3.3 Kapnometrie und Kapnographie

Die Kapnographie wird üblicherweise zur Überwachung des beatmeten Patienten verwendet. Es sind auf dem Markt inzwischen auch Geräte erhältlich, die eine Messung des etCO_2 beim spontan atmenden Patienten erlauben, die Fehleranfälligkeit ist jedoch ziemlich hoch. Erfahrungen mit solchen Geräten aus dem Grazer Raum liegen nicht vor.

Über ein photometrisches Messverfahren wird bei der Kapnographie der CO_2 Gehalt der Ausatemluft gemessen. Der angegebene Messwert entspricht dem endexpiratorischen CO_2 und wird in mmHg angegeben.

Der Normalwert liegt bei 35 – 45 mmHg. Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Meßmethoden: Die Hauptstromkapnographie besteht aus einer Messeinheit, die direkt dem Tubus aufsitzt und die Messung direkt im Hauptstrom der Atemluft durchführt. Die Nebenstromkapnographie zweigt über ein Schlauchsystem einen Seitenstrom (=Nebenstrom) ab, die Messung erfolgt dann im Gerät.

Die Kapnometrie, und noch besser die Kapnographie, zeigt die ordnungsgemäße Tubuslage an. Mit der Kapnometrie lässt sich die Ventilation gut beurteilen.

Einschränkend muß gesagt werden, dass vor allem bei größeren Shuntvolumina und Diffusionsstörungen die Kapnometrie nicht immer zuverlässig: Die endexpiratorisch abgeatmete Menge CO_2 korreliert dann nicht mehr mit dem $p\text{CO}_2$ im Blut (AaDCO_2). Die Kapnometrie zählt sicher zum Standardmonitoring beim beatmeten Patienten. Der Anwender muß sich nur im klaren sein, dass bei insuffizienten Kreislaufverhältnissen oder bei Vorliegen einer Lungenschädigung die Kapnometrie keine zuverlässigen Werte liefert.

Eine Möglichkeit, das etCO_2 dennoch brauchbar einzusetzen gibt die BGA: durch eine arterielle Blutgasanalyse lässt sich die AaDCO_2 ermitteln, und damit sozusagen

die Kapnometrie „eichen“. Bei Veränderungen der Kreislaufsituation müssen allerdings wiederholt BGAs zur Optimierung der Beatmung herangezogen werden.

2.3.4 Beatmungsmonitoring des Beatmungsgeräts

Moderne, in der Präklinik verwendete Beatmungsgeräte liefern eine Vielzahl von Informationen über die Beatmung. Über Messschläuche werden nicht nur die vorgegebenen Parameter angezeigt, sondern auch die tatsächlich gemessenen. Zumindest das expiratorische Atemminutenvolumen, wie auch die Atemwegsdrücke müssen vom Gerät erfasst werden können.

Das Spitzengerät für den portablen Einsatz, der Oxylog 3000 der Firma Dräger, bietet darüber hinaus auf einem anschaulichen Display sowohl eine Flow-, als auch eine Druckkurve.

Alle gemessenen Werte werden auch als Absolutwerte im Display dargestellt. Einfachere Beatmungsgeräte zeigen zumindest über ein Manometer den Atemwegsdruck an.

3 Sauerstoffapplikation – Fühintubation

Vortrag: Univ.-Prof. Dr. G. Prause

(Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin; Graz)

Der Notarzteinsatz beim Patienten mit Dyspnoe ist relativ häufig und dennoch ist der versorgende Mediziner immer wieder verunsichert, wie sein Therapieschema aussehen sollte. Vor allem mit der Frage nach einer notwendigen Intubation wird sich der Notfallmediziner immer wieder konfrontiert sehen.

3.1 Vorgehen beim Notfall „Dyspnoe“

Findet der Notarzt am Notfallort einen Patienten mit dem Leitsymptom Atemnot vor, so empfiehlt es sich zunächst eine Objektivierung anzustreben. Auf der einen Seite können klinische Parameter wie die Zyanose bzw. auch ein Auskultationsbefund dazu dienen.

Ein einfach durchzuführendes Messverfahren ist auch die Ermittlung der pulsoxymetrischen Sauerstoffsättigung. Es ergeben sich drei Möglichkeiten:

1. eine stark erniedrigte Sauerstoffsättigung
2. die Sauerstoffsättigung bleibt normal
3. die Sauerstoffsättigung ist nur gering erniedrigt

3.1.1 Vorgehen bei normaler, oder gering erniedrigter Sauerstoffsättigung

Ist die Sauerstoffsättigung im Normbereich und der Patient hat dennoch subjektiv ein Gefühl der Atemnot, so liegt eine Perfusionsstörung vor. Das Blut, das durch die Lunge transportiert wird ist zu 100% gesättigt. Der häufigste Grund für eine solche Perfusionsstörung ist die PAE. Weiters kann auch ein Schockgeschehen oder eine Reanimation verantwortlich dafür sein.

Als Notfalltherapie muß eine kausale Behandlung durchgeführt werden (Reanimationsmaßnahmen, Schockbehandlung,...).

3.1.2 Vorgehen bei stark erniedrigter Sauerstoffsättigung

Eine solche Situation ist weit häufiger der Fall. Die möglichen Ursachen sind eine Diffusionsstörung oder ein Shunt. Eine nähere Differenzierung der beiden Ursachen ist für das weitere Vorgehen durchaus von Bedeutung:

Steigt nach Sauerstoffgabe die Sauerstoffsättigung nach einiger Zeit (etwa 5 bis 10 Minuten) auf annähernd normale Werte an, so liegt der Atemnot eine Diffusionsstörung zugrunde (z.B: Lungenödem, Silikose, Fibrose). Hier sind weiterführende Maßnahmen wie Intubation und Beatmung nur in den seltensten Fällen notwendig. Die Erhöhung des Sauerstoffangebots im Alveolarraum reicht aus um wieder genügend Sauerstoff ins Blut zu bringen. Eine medikamentöse Beeinflussung des Diffusionshindernisses kann den Effekt noch weiter verstärken.

Bleibt die Sauerstoffsättigung auch unter inhalativer O₂-Gabe unverändert niedrig, so liegt mit Sicherheit ein Shunt vor. Das Extrembeispiel des Shunts ist der apnoische Patient. Hier ist die entsprechende Therapie die Beatmung bzw. eine Atemhilfe.

Andere Ursachen können ein Bolusgeschehen (Therapie: Entfernen des Fremdkörpers), ein Spannungspneumothorax (Therapie: Thoraxdrainage), Tubusfehlage (Therapie: Lagekorrektur), o.ä. sein. Eine alleinige Sauerstoffinhalation bringt hier sicherlich keinen Erfolg.

3.1.3 Sauerstoffgabe im Rettungsdienst

Grundsätzlich soll jeder Patient mit Atemnot Sauerstoff erhalten. Die Problematik der Sauerstofftoxizität existiert für den Bereich der präklinischen Notfallmedizin nicht. Die Kardinalfrage, die häufig gestellt wird, ist die Frage nach der Menge („6 oder 8 Liter pro Minute?“).

Ein kleines Rechenbeispiel verdeutlicht, dass die eingestellte Menge vollkommen egal ist, weil andere Parameter über den FiO₂ entscheiden:

Der Anwender stellt an der Sauerstoffabgabeeinheit einen Flow ein (z.B: 6 l/min.). Es ist ein Irrglaube, dass bei einem eingestellten Flow von 6 l/min. und einem Atemminutenvolumen (AMV) von 5 – 6 l/min. der Patient reinen Sauerstoff atmet.

Das Atemminutenvolumen lässt sich nicht mit dem Flow vergleichen. Um vergleichbare Größen zu erhalten muß das AMV in den Flow umgerechnet werden:

Bei einem tiefen Atemzug nimmt der Mensch ca. 2 Liter Atemgas in seine Lungen auf. Atmet der Patient forciert ein, so benötigt ein Atemzug etwa 0,5 bis 0,75 Sekunden. Mit anderen Worten in einer Minute gehen sich ca. 100 Atemzüge aus.

Daraus ergibt sich ein Flow von 200 Litern Atemgas pro Minute. Die Sauerstofffraktion beträgt 21%. Das entspricht etwa 40 Liter Sauerstoff pro Minute (Sauerstoffflow). Der Frage ob an der Sauerstoffeinheit ein Flow von 6 l/min. oder einer von 8 l/min. eingestellt werden sollen, liegt also die Frage zugrunde, ob der Patient 46, oder 48 l/min. Sauerstoffflow pro Minute einatmen soll.

Für die Sauerstoffinhalation im Rettungsdienst sind andere Faktoren von viel größerer Bedeutung: die Dichtigkeit der Maske, ob eine Maske mit Reservoirbeutel verwendet wird oder nur eine O₂-Brille,...

Untenstehende Tabelle listet die maximal mögliche inspiratorische Sauerstoffkonzentration bei gängigen Techniken der Sauerstoffapplikation auf:

Luft	21%
„Schläucher“ hinhalten	23%
O2-Maske	30 – 40%
O2-Maske mit Reservoir	50 – 60%
Intubation und Beatmung	100%

Tab.: Sauerstoffkonzentration bei verschiedenen O2-Abgabesystemen

3.2 Intubationskriterien

Es gibt kaum ein Thema in der Notfallmedizin, dass länger so intensiv und kontrovers diskutiert wird, wie das der Intubationskriterien. Die Indikation zur Intubation wird demnach auch von anderen Faktoren beeinflusst: So intubieren notärztlich tätige Anästhesisten signifikant häufiger als Notärzte anderer Fachrichtungen.



Abb.: Intubation (Foto : Dr.Doppler)

3.2.1 Fallbericht

Nach einem Sturz vom Pferd ist eine weibliche Patientin mit dem Kopf am Boden aufgeschlagen. Beim Eintreffen des Notarztes war die Patientin zunächst ansprechbar, orientiert. Später tritt eine immer stärker werdende Müdigkeit auf. Zusätzlich entwickeln sich neurologische Ausfälle, mit Parästhesien und halbseitigen Lähmungserscheinungen.

Besteht die Indikation zu Intubation und Beatmung?

Die eindeutige Antwort fällt schwer. Im beschriebenen Fall wurde vom Notarzt des RTH eine Narkose eingeleitet und die Patientin intubiert. Bei bodengebundenem Transport hätte man auch noch zuwarten und eventuell später intubieren können, durch den Hubschraubertransport wurde die Indikation zur Intubation aber sehr großzügig gestellt. Es muß allerdings angemerkt werden, dass eine Intubation grundsätzlich auch im RTH während des Fluges durchgeführt werden kann, wengleich unter schwereren Bedingungen.

3.2.2 Fallbericht

Bein einem Arbeitsunfall wird einem Patienten der Vorfuß durch eine Arbeitsmaschine (Papierfräse) abgetrennt. Der Patient ist ansprechbar, klagt über Schmerzen und zeigt ansonsten keine Verletzung. Es handelt sich also um ein isoliertes Extremitätentrauma.

Besteht die Indikation zu Intubation und Beatmung?

Auch hier fällt eine eindeutige Antwort schwer. Der Patient wurde vom Notarzt intubiert, da ohnehin eine Operation in Vollnarkose durchgeführt wird, hat sich der Notarzt zur Einleitung der Narkose und Intubation des Patienten im bereitstehenden Notarztwagen entschlossen.

3.2.3 Fallbericht

Bei einem LKW löst sich die Ladebordwand und reißt einer nebenstehenden Frau das halbe Gesicht auf. Es handelt sich um ein schweres Gesichtsschädeltrauma, mit gerade noch insuffizient vorhandener Spontanatmung beim Eintreffen des RTH.

Besteht die Indikation zu Intubation und Beatmung?

Wahrscheinlich ist das der Fall, bei dem die Indikation am deutlichsten zu Tage tritt. Auch diese Patientin wurde vom Notarzt intubiert und beatmet.

3.3 Indikationslisten

Findet der Notarzt an der Einsatzstelle einen Patient mit Atemnot vor, so stehen dem Mediziner verschiedene Therapieoptionen offen. Die Endstrecke ist immer die Intubation und Beatmung, wobei bei unterschiedlichen Notfällen dieser Endpunkt nach entsprechender Vortherapie erreicht wird.

Wird der Patient im Laufe der Versorgung ateminsuffizient, oder ist er es bereits beim Eintreffen, so wird eine Intubation unumgänglich sein.

Die Erstmaßnahme bei bestehender Atemnot ist die inhalative Sauerstoffgabe (siehe auch 3.1.2). Absolute Indikationen zur Intubation und Beatmung sind alle Notfälle, die mit einer respiratorischen Insuffizienz einhergehen, und die sich auf anderen Wegen nicht beherrschen lassen.

Relative Intubationsindikationen sind Krankheitsbilder und Notfälle, bei denen man heute davon ausgeht, dass aufgrund pathophysiologischer Zusammenhänge und der Erfahrungen eine Intubation einen positiven Einfluß auf den weiteren Krankheitsverlauf hat:

- Intubation als Aspirationsprophylaxe

Die Aspiration von Erbrochenem oder Blut bei Ausfall der Schutzreflexe mit nachfolgender Aspirationspneumonie stellt in der Notfallmedizin immer noch ein Problem dar.

Die akute Bewusstseinstörung, die ursächlich vor Ort nicht behandelbar ist, stellt einen Grund zur Intubation dar.

- Intubation zur Analgesie bei ohnehin notwendiger operativer Versorgung

Im oben beschriebenen Fall der Vorfußamputation, bei dem eine Operation unumgänglich ist macht es keinen Unterschied, ob die Narkoseeinleitung vor Ort, oder im OP erfolgt. In der weiteren Versorgung ist ein intubierter Patient im Umgang wesentlich einfacher, als ein Patient, der mit Sedativa und Analgetika an die Grenze zur Intubation „titriert“ wird.

3.4 Vorteile der Intubation

- Absaugung

Ein intubierter Patient kann ohne weitere Probleme endobronchial abgesaugt werden. Jeder traumatisierte Patient sollte nach Intubation endobronchial abgesaugt werden. Ständiges Fördern frischen Blutes aus der Trachea ist ein wichtiger Hinweis auf einen Bronchusabriß.

- Verbesserung der Oxygenierung

Durch die Intubation ist es möglich den Patienten mit 100% Sauerstoff zu beatmen. Durch die Anästhesie selbst wird der O_2 – Verbrauch im Gewebe vermindert. Die moderate Hyperventilation, wie sie derzeit beim SHT empfohlen wird, ist nur durch eine Kontrolle des $etCO_2$ möglich, wozu ein künstlicher Atemweg nötig ist.

3.5 Profitiert der Patienten von der Intubation?

Eine große Studie aus dem angloamerikanischen Raum hat bezüglich dieser Frage große Unruhe unter den notärztlich tätigen Medizinern verbreitet. Kernaussage der Arbeit war, dass Patienten nach Frühintubation beim SHT das gleiche Outcome aufweisen, teilweise sogar ein schlechteres Outcome haben, als Patienten, die nicht intubiert ins Krankenhaus transferiert wurden.

An der Heidelberger Unfallchirurgie wurde eine Studie mit sehr hohen Fallzahlen durchgeführt. Hier wurden nur Patienten eingeschlossen, die noch keine manifeste respiratorische Insuffizienz aufwiesen. Die großzügig intubierten Patienten hatten auch hier zumindest keinerlei Benefit in der Mortalität gegenüber den erst intrahospital intubierten.

Die Kritik der Intubationsbefürworter richtete sich vor allem in der zweiten Studie auf den Umstand, dass die Indikationen, die zur Intubation geführt haben nicht immer eindeutig nachvollziehbar waren, nicht zu vergleichende Bergezeiten und Verletzungsmuster vorlagen und ähnliche andere Ungereimtheiten im Studiendesign existierten.

Problematisch scheint mitteleuropäischen Notfallmedizinern schon grundsätzlich der Vergleich zwischen amerikanischen und europäischen Verhältnissen: In Amerika arbeiten präklinisch „nur“ speziell ausgebildete Sanitäter (Paramedics). Diese setzen auch erweiterte Maßnahmen am Patienten, gehen dabei aber streng nach einer Checkliste (z.B: Intubationsprotokoll) vor.

Eine Vielzahl von Studien belegt, dass präklinisch durchgeführte Intubationen offensichtlich schwerer sind, als intrahospitale Intubationen. Unter OP-Bedingungen gelingen 95% aller herkömmlich durchgeführten Intubation.

Bei präklinisch durchgeführten Intubationen sinkt die Erfolgsquote auf 81% ab.

3.5.1 Empfehlungen von AHA, ERC, ILCOR

Die eher negativen Ergebnisse dieser, vor allem amerikanisch geprägten Studien, haben auch Einzug in die Guidelines von AHA, ERC und ILCOR erhalten: Intubieren sollte nur der, der mehr als 12 Intubationen im Jahr durchführt. Ansonsten sollte man sich auf Maskenbeatmung beschränken. Diese „Qualifikation“ sollte auch von jedem Notarzt nachweislich dokumentiert sein.

Die Grazer Zahlen sprechen hier für sich: Ein Grazer Notarzt intubiert im Notarztendienst ca. 3-5 Patienten pro Jahr. Diese Fallzahlen sind der Preis für ein flächendeckendes Notarztsystem, wie es in der Steiermark ausgebaut ist. Die Zahl aller Notfälle verteilt sich auf die vorhandenen Notarztsysteme (natürlich mit regionalen Schwankungen).

Eine alte Anästhesistenweisheit bringt es jedoch auf den Punkt:

Der Patient stirbt nicht weil er nicht intubiert werden kann, sondern weil der Arzt nicht aufhört es zu versuchen!!!

Treten bei der Intubation unerwartete Probleme auf, muß sich der Notfallmediziner Alternativen überlegen, um den Patienten dennoch ausreichend zu oxygenieren.

3.5.2 Fehlintubation

25% aller präklinisch durchgeführten Intubationen sind Fehlintubationen. Der größte Teil der Tuben kommt im Ösophagus zu liegen. Bei 94% der ösophageal intubierten Patienten hat die Kapnometrie kein CO₂ angezeigt, und die Patienten sind trotzdem ohne Konsequenz ins Krankenhaus verbracht worden.

3.5.3 Zeitverlust durch eine Intubation

Eine vergleichende Untersuchung von intubierten Patienten und nicht intubierten Patienten zeigt, dass die durchschnittliche Zeitspanne, bis zum Eintreffen in der Zielklinik, beim intubierten um 20 Minuten höher ist (90min. vs. 70min.). Offensichtlich verbraucht die Intubation mit allen Vorbereitungen um die 20 Minuten.

Alle diese Faktoren nehmen letztendlich Einfluß auf das Outcome des Patienten, und müssen berücksichtigt werden wenn man beurteilen will ob eine Intubation gut, oder schlecht ist.

3.6 Zusammenfassung

Die respiratorische Insuffizienz stellt mit Sicherheit eine klare Indikation zur Intubation dar. Ein Patient der auf anderen Wegen nicht zu oxygenieren ist, braucht unumstritten einen Tubus. Diesbezüglich ist die Intubation sicher „Gold Standard“. Die Frühintubation bei Vorliegen einer relativen Indikation erfolgt aufgrund pathophysiologischer Überlegungen und aus ethischen Gründen (z.B: Analgesie; siehe Fallbericht: „Vorfußamputation“). Die „Grazer Schule“ der Notfallmedizin geht davon aus, dass es für den Patienten von Vorteil ist, der endgültige Beweis steht aber noch aus.

Zu fordern ist, dass durch qualitätssichernde Maßnahmen die Qualifikation der „Intubateure“ erhalten bleibt.

4 Sauerstoffträger

Vortrag: OA Dr. J. Heydar-Fadai

(Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin; Graz)

Bei großem Blutverlust steht der Notarzt in der Präklinik immer vor dem gleichen Problem: die Infusionstherapie mit Volumenersatzmitteln kann den Sauerstofftransport nicht verbessern.

Der RTH C12 ist das einzige Notarztmittel, das zwei Ery'konzentrate mitführt. Und dies ist nur unter großem Aufwand möglich. Daher läuft die Entwicklung von künstlichen Sauerstoffträgern auf vollen Touren.

4.1 Grundlagen

Vier Punkte sind für das grundlegende Verständnis der Bedeutung des Sauerstoffs relevant:

- Sauerstoffgehalt
- Sauerstoffangebot
- Sauerstoffaufnahme
- kritischer Hämatokrit

4.1.1 Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt eines Behälters mit Blut unter Raumlufbedingungen errechnet sich aus der Menge an Hämoglobin (Hb), multipliziert mit der O₂-Sättigung des Blutes. In die Rechnung geht noch die Hüfner'sche Zahl ein, sowie die plasmagebundene Sauerstoffmenge, die unter normobaren Verhältnissen verschwindend gering ist.

Unter hyperbaren Bedingungen erlangt diese im Plasma gebundene Menge O₂ aber große Bedeutung. In diesem Fall könnte man fast nur mit der plasmatisch gebundenen Sauerstoffmenge überleben.

Als Normalwerte ergeben sich etwa 18 – 20ml O₂ pro 100ml Blut.

4.1.2 Sauerstoffangebot

Das Sauerstoffangebot ist die Menge Sauerstoff, die pro Zeiteinheit der Peripherie zur Verfügung steht. Es errechnet sich aus dem Sauerstoffgehalt des Blutes, multipliziert mit dem Herzminutenvolumen.

Der Normalwert liegt bei etwa 1000ml O₂ pro Minute.

4.1.3 Sauerstoffaufnahme bzw. Sauerstoffverbrauch

Im Kapillargebiet wird aus dem, von der arteriellen Seite, zuströmenden Blut eine gewisse Menge Sauerstoff an die Zelle abgegeben. Genaugenommen ist der Ausdruck Sauerstoffverbrauch falsch, denn der Sauerstoff wird nicht verbraucht sondern nur in chemische Reaktionen der Zelle eingeschleust.

Ein grober Näherungswert für die Sauerstoffaufnahme ist 250ml O₂ pro Minute. Bei einem Angebot von 1000ml O₂/min. nehmen wir etwa 25% des angebotenen O₂ auf. Mehr als 50% darf die O₂-Extraktion aus dem Blut nicht betragen, dann treten bereits Zellschäden durch die Gewebshypoxie ein. Damit ist aber das Angebot unter Ruhebedingungen immer noch doppelt so hoch wie die Sauerstoffaufnahme.

4.1.4 Kritischer Hämatokrit

Er bezeichnet die Untergrenze an Hämoglobin, die im Körper vorliegen muß, um eine Gewebshypoxie zu verhindern. Der Wert ist nicht konstant, sondern interindividuell verschieden und hängt auch von anderen Größen, wie der Lage der Sauerstoffbindungskurve, der Temperatur, Alter des Patienten, Sedierungsgrad,....

Ein junger gesunder Mensch, unter Normovolämie und normobaren Umgebungsbedingungen könnte auf ein Hb von 5 g/100ml dilutiert werden, ohne einen Schaden davon zu tragen.

Die Frage des kritischen Hämatokrits ist also nicht zu beantworten ohne die Kompensationsmöglichkeiten des Patienten miteinzubeziehen.

4.2 Erythrozytenkonzentrate am Notfallort

Die Verabreichung von Erythrozytenkonzentraten am Notfallort, wie sie durch den RTH C12 in Graz möglich ist, ist zumindest dort inzwischen zu einer Routinebehandlung geworden.

Von den Patienten, die nach EK-Gabe lebend ins Krankenhaus verbracht werden konnten mussten allen auch innerklinisch Erythrozytenkonzentrate verabreicht werden.

Anders gesagt in keinem einzigen Fall wurde der Patient „sinnlos“ am Notfallort mit EK's versorgt.

4.2.1 Ausrüstung C12

Der RTH C12 führt wie gesagt als einziges Notarzneimittel Erythrozytenkonzentrate mit. Es werden 2 Konzentrate 0 neg. mitgeführt. Dies ist durch die Kooperation mit der Blutbank möglich. Ein eigenes Kühlsystem wurde extra für die Aufbewahrung im Hubschrauber entwickelt.

Der Hämatokrit der „Blutkonserve“ liegt bei etwa 60, und ist damit doppelt so hoch wie der Hämatokrit des gesunden Menschen.

Bei Verabreichung in Kombination mit einer Volumenersatztherapie erhält man etwa einen Liter Blutvolumen.

4.3 Sauerstoffträger

4.3.1 Zellfreie Hämoglobinlösungen

Unter dieser Gruppe gibt es solche, die boviner Abstammung sind und in letzter Zeit etwas in Verruf geraten sind, weil nachgewiesen werden konnte, dass das Creutzfeldt Jakob Syndrom durch diese Produkte übertragen werden kann.

Modernere Produkte werden aus humanen Erythrozytenkonzentraten, die ihr Ablaufdatum überschritten haben hergestellt. Das Problem ist die Stabilisierung des Hb in der Lösung. Verschieden Firmen haben hier unterschiedliche Möglichkeiten etabliert.

Immer größere Bedeutung kommt auch hier gentechnisch veränderten Produkten zu. Sonderformen von Hb, wie sie auch im menschlichen Körper (z.B: bei Sichelzellenanämie) vorkommen, werden künstlich generiert.

Die Wirkdauer einer solchen Lösung beträgt maximal mehrere Stunden. Der Vorteil vor allem für die präklinische Anwendung liegt in der osmotischen Wirksamkeit der Lösung. Damit wirkt der Sauerstoffträger auch als Plasmaexpander.

Diesen sehr positiven Effekten steht allerdings eine große Palette an Nebenwirkungen gegenüber, die den Einsatz einer solchen Lösung limitieren: Anaphylaxie, Nierenversagen, pulmonale Hypertonie sind nur einige der unerwünschten Wirkungen dieser Präparate.

Die Studienlage ist sehr kontroversell: Allen gemeinsam ist aber die Erkenntnis, dass durch solche künstlichen Sauerstoffträger tatsächlich Sauerstoff transportiert werden kann. Wissenschaftlich nachgewiesen sind allerdings auch andere Effekte, die die Anwendung bei anderen Indikationen ermöglichen: So ist durch die geringe Größe der Hb-Moleküle ein Sauerstofftransport auch in stenosierte Gefäßbereiche möglich (z.B. im Rahmen eines Herzinfarkts oder Insults). Gerade beim Insult ist das Outcome dieser wissenschaftlich belegten Effekte dennoch sehr schlecht.

4.3.2 Alternativen zu zellfreien Hämoglobinlösungen (Perfluorcarbon; PFC)

Seit langer Zeit wird an Alternativen zu den zellfreien Hämoglobinlösungen geforscht. Es gibt Studiendaten ohne Ende, aber noch keine einzige Zulassung in keiner einzigen Indikation.

1978 wurde versucht PFC im Rahmen der PTCA einzusetzen. Es erfolgte im selben Jahr eine Zulassung der FDA. Mitte der achtziger Jahre wurde das Präparat wegen zu großer Nebenwirkungen wieder vom Markt genommen.

Wirkungsweise

Die Lösung zeigt eine hohe physikalische Löslichkeit für Sauerstoff. Die Lösung ist linear vom pO_2 abhängig. Hier liegt auch der größte Unterschied zu den Hämoglobinlösungen, die ein Sauerstoffbindungsverhalten entsprechend der Sauerstoffbindungskurve zeigen. Bei einem pO_2 von 80 – 100mmHg sind die Hb-Lösungen bereits gesättigt, PFC ist erst bei einem pO_2 von über 400mmHg in der Lage ausreichend Sauerstoff zu transportieren.