

Berner Bildungszentrum Pflege
Nachdiplomstudium HF
Anästhesiepflege S15

Diplomarbeit
Optiflow®

Nadine Graf, Cristina Glauser, Melanie Peyer

Tutor/Tutorin :
Giroud Michèle

Bern, 28. Februar 2019

Abstract

Die Betreuung von Patienten mit schwierigem Atemweg, sowie Patienten mit einer reduzierten funktionellen Residualkapazität (FRC) ist in der Anästhesie alltäglich. Deren Management, bei welchem stets das Risiko einer schweren Maskenbeatmung, beziehungsweise einer schweren Laryngoskopie mit dem Risiko einer Hypoxie, während der Apnoephase besteht, gehört zu den Kernkompetenzen der Anästhesie. In diesem Zusammenhang kann der Einsatz von Optiflow® vielversprechend sein.

Diese theoriegestützte Arbeit bearbeitet die Wirksamkeit des Optiflow® während der Anästhesieeinleitung einer Allgemeinanästhesie bei erwachsenen Patienten mit einer reduzierten FRC oder einem erwartet schwierigen Atemweg. Der Schwerpunkt liegt bei der Präoxygenation und der apnoischen Oxygenation bis zum gesicherten Atemweg. Die Arbeit basiert auf aktueller Literatur, Studien, welche diese Problematik untersuchen, sowie Fachbüchern und sonstigen Fachpublikationen.

Das Optiflow® gehört bei der Sauerstoffverabreichung zu den High-Flow-Systemen. Mit seiner Hilfe kann angefeuchteter und erwärmter Sauerstoff mit hohem Fluss über die Nase in die Atemwege verabreicht werden. Im englischsprachigen Raum ist der nasale High-Flow auch unter dem Begriff THRIVE bekannt. Dies bedeutet Transnasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange [W001]. Durch den hohen Flow wird ein hoher Druck im Nasopharynx erzeugt, der die Atemwege offen hält, was die Inspiration erleichtert und die Expiration verlängert. Die Atemarbeit sinkt, der funktionelle Totraum wird reduziert und die tiefe Atmung sowie die alveoläre Ventilation werden gefördert, was vor allem bei der Ateminsuffizienz von Vorteil ist [W001].

In mehreren Studien, die unter anderem auch Probanden mit einer geringen FRC untersuchten, konnte eine deutliche Verlängerung der Apnoezeit festgestellt werden (Doyle, 2016). Das Risiko einer Hypoxie ist gering, da es zu einer apnoischen Oxygenation kommt (Patel et al., 2015). Ausserdem wurde der Einsatz des Optiflow® während der fiberoptisch wachen Intubation in einer Studie von Badiger et al. (2015) empfohlen. Es werden weitere Studien erwähnt, die den nasalen High-Flow während einer Rapid Sequence Induction und bei Notfallintubationen anwenden.

Aus dieser Arbeit lässt sich ableiten, dass das Optiflow® bei jedem Patienten mit erwartet schwierigem Atemweg und/oder einer geringen FRC Vorteile bringt. Diese Patienten profitieren von einer verlängerten Apnoezeit oder während einer fiberoptisch wachen Intubation, von einer Atemunterstützung. Der Einsatz des Optiflow® in anderen Settings wäre durchaus möglich und wird in dieser Arbeit erwähnt, jedoch nicht näher darauf eingegangen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Themenwahl / Motivation.....	1
1.2	Ausgangslage / Problembeschreibung	1
1.3	Fragestellung.....	2
1.4	Zielsetzung	2
1.5	Abgrenzung	2
1.6	Methodisches Vorgehen.....	3
1.7	Rechtliche Aspekte.....	3
2	Theoretischer Bezugsrahmen.....	4
2.1	FRC und physiologische Atmung.....	4
2.1.1	Verschlusskapazität.....	6
2.2	Einflussfaktoren der FRC.....	6
2.2.1	Resistance	6
2.2.2	Compliance	7
2.2.3	Perfusion-Ventilation	7
2.3	Bedeutung der FRC für die Anästhesie	7
2.4	Low- Flow Systeme	8
2.5	High-Flow Systeme	8
2.5.1	Optiflow®.....	9
2.5.2	Wirkmechanismen.....	9
2.5.3	Präoxygenation und apnoische Oxygenation.....	10
2.5.4	Kontraindikationen.....	10
2.5.5	Installationsanleitung für die Praxis	11
2.6	Schwieriger Atemweg.....	12
2.7	Präoxygenierung	14
2.8	Maskenbeatmung.....	15
2.9	Fiberoptisch wache Intubation	16
2.9.1	Vorgehen.....	16

2.9.2	Indikation.....	16
2.9.3	Risiko	16
3	Ergebnisse aus der Literatur.....	17
3.1	THRIVE bei fiberoptisch wacher Intubation	17
3.2	THRIVE zur Präoxygenation.....	18
3.2.1	Adipöse Patienten	18
3.2.2	Schwieriger Atemweg.....	18
3.3	THRIVE bei der Rapid Sequence Induction.....	19
3.4	THRIVE bei apnoischer Oxygenation	20
3.4.1	Apnoische Oxygenation bei adipösen Patienten.....	21
3.5	THRIVE bei Notfallintubationen	21
4	Schlussteil	23
4.1	Diskussion von Melanie Peyer.....	23
4.1.1	Schlussfolgerungen und Konsequenzen von Melanie Peyer	25
4.2	Diskussion von Nadine Graf	27
4.2.1	Schlussfolgerungen und Konsequenzen von Nadine Graf	28
4.3	Diskussion von Cristina Glauser	30
4.3.1	Schlussfolgerungen und Konsequenzen von Cristina Glauser.....	31
4.4	Überprüfung der Fragestellung und Zielsetzung	33
5	Verzeichnisse	34
5.1	Literaturverzeichnis	34
5.2	Dokumente aus Zeitschriften oder aus dem Internet.....	36
5.3	Webseiten ohne Autorennamen	36
5.4	Abbildungsverzeichnis	36
6	Anhang.....	38
6.1	Anhang 1	38

1 Einleitung

1.1 Themenwahl / Motivation

Die Betreuung von Patienten mit schwierigem Atemweg und/oder einer geringen funktionellen Residualkapazität (FRC) ist in der Anästhesie alltäglich. Das Erkennen und Einleiten von geeigneten prophylaktischen Massnahmen vor der Anästhesieeinleitung stellt dabei eine Kernkompetenz des Anästhesiefachpersonals dar.

Das Optiflow® kann die Apnoezeit verlängern und den Gasaustausch weiterhin gewährleisten, bis ein gesicherter Atemweg sichergestellt wird (Sunil et al., 2018).

Voraussetzung hierfür ist das Fachwissen über die Handhabung, das Einsatzgebiet und die Wirksamkeit des nasalen High-Flow-Gerätes. Durch die seltene Anwendung fehlt den Verfasserinnen die Übung im Handling mit dem Optiflow®. In der Praxis der Verfasserinnen wird der nasale High-Flow gelegentlich für die fiberoptisch wache Intubation oder bei einem erwartet schwierigen Atemweg eingesetzt. Unsicherheiten bei der Anwendung sind ihnen auch bei anderen Fachpersonen aufgefallen. In dieser Arbeit möchten sie neben dem Einsatzgebiet und der Wirksamkeit auch die technischen Grundlagen erarbeiten. Das Ziel der Verfasserinnen ist es, das eigene Wissen über das Thema zu erweitern und somit grössere Sicherheit mit dem Gerät zu erlangen. Die Arbeit soll das Fachpersonal in diesem Thema sensibilisieren und eine Hilfestellung für die Anwendung bieten.

1.2 Ausgangslage / Problembeschreibung

Das Optiflow® dient der Atemunterstützung, indem mit einer hohen Flowrate befeuchtetes Gasgemisch verabreicht wird. Das Optiflow® kann in verschiedenen Settings angewendet werden, um eine bessere Oxygenation zu erzielen. Auf der Intensivstation oder auf der Intermediate Care (IMC) wird es seit längerem zur Therapie einer exazerbierten COPD (chronic obstructive pulmonary disease) oder einer akuten respiratorischen Verschlechterung verwendet (Bräunlich & Wirtz, 2016, p.388-394). Optiflow® ist patentiert von Fisher&Paykel und einzuordnen unter dem THRIVE (Transnasale Humified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange). Die Vorteile des Optiflow® werden erst seit kurzem auch in der Anästhesie genutzt.

Der Wirkungsmechanismus des Optiflow® beruht auf zwei Grundsätzen [W001]:

- Atmungsunterstützung durch Reduktion des Totraums
- Positiver Atemwegsdruck mit Förderung einer langsamen und tiefen Atmung

Ein erschwerter Atemweg und Patienten mit einer geringen FRC stellen ein hohes Risiko für eine längere Atemwegssicherung und somit eine längere Apnoezeit dar. Folgen davon sind laut Larsen (2013, p. 531) Zyanose, Zeichen der schweren Atemwegsobstruktion,

Tachykardie, Bradykardie, Rhythmusstörungen bis Herzstillstand. Für Anästhesiefachpersonen stellt der erschwerte Atemweg mit dessen Sicherung eine der zentralsten und herausforderndsten Aufgaben dar. Somit ergibt sich für uns als Verfasserinnen folgende Fragestellung.

1.3 Fragestellung

Welche Vorteile bringt der Einsatz von Optiflow® bei erwachsenen Patienten mit einer reduzierten FRC oder einem erwartet schwierigen Atemweg während der Präoxygenation und der Apnoezeit in der Einleitung bei einer Allgemeinanästhesie?

1.4 Zielsetzung

Wir möchten in unserer Diplomarbeit folgende Ziele erreichen:

- Der erwartet schwierige Atemweg und die reduzierte FRC wird beschrieben sowie die Eckpunkte der Präoxygenation und die damit verbundene Apnoezeit erläutert.
- Wir gehen von einem Grundwissen über die Physiologie der Atmung aus und werden uns vertiefend damit befassen.
- Die Grundlagen der THRIVE bzw. Optiflow® Therapie wird erläutert sowie Unterschiede zur herkömmlichen Präoxygenation aufgezeigt.
- Der Einsatz vom Optiflow® bei einer fiberoptisch wachen Intubation wird beschrieben.
- Die Vorteile vom Optiflow® während der Einleitung einer Allgemeinanästhesie werden erläutert.
- Die Ergebnisse werden verglichen mit der Praxis.

Die Arbeit richtet sich an Anästhesiepersonen, welche im Umgang mit Optiflow® unsicher sind und dessen Anwendung noch zu wenig kennen.

1.5 Abgrenzung

Wir begrenzen uns in dieser Arbeit auf die Anwendung des Optiflow® bei Erwachsenen. Auf den Einsatz bei Kindern wird nicht eingegangen. Der Schwerpunkt liegt bei der Präoxygenation und der apnoischen Oxygenation bis zum gesicherten Atemweg. Die Anwendung des Optiflow® ohne Sicherung des Atemweges, beispielsweise bei einer Sedation, wird nicht miteinbezogen. Weiter wird der Einsatz bei Allgemeinanästhesien mit Larynxmaske nicht berücksichtigt. Wir befassen uns mit der Anwendung des Optiflow® bei Patienten mit erwartet schwierigem Atemweg und bei Patienten mit einer geringen apnoischen Reserve. Obwohl Schwangere ebenfalls eine kleine FRC aufweisen, werden diese nicht in die Diplomarbeit miteinbezogen. Das Gerät wird auf der Intensivpflegestation, der Intermediate Care und der Notfallstation eingesetzt, welche wir nicht berücksichtigen. Es wird lediglich auf den Einsatz bei der Einleitung von Allgemeinanästhesien bei Erwachsenen eingegangen. Diese Arbeit behandelt ein grosses Thema und wir gehen von einem Grundwissen bezüglich

Atmung aus. Deshalb werden in der Arbeit nur einige Abschnitte darüber beschrieben und vertieft.

1.6 Methodisches Vorgehen

Die Verfasserinnen haben sich für eine theoriegestützte Themenbearbeitung entschieden. Die Thematik wurde anhand von aktueller Literatur, vorhandenen Studien, welche diese Problematik untersuchen sowie Fachbüchern und sonstigen Fachpublikationen bearbeitet. Der Hersteller Fisher&Paykel beschreibt auf seiner Website die Wirkmechanismen des Optiflow® und die klinischen Ergebnisse aus mehreren Studien. Zusätzlich sind die physiologischen Effekte ersichtlich. Diese Quelle wurde grosszügig genutzt, um das Optiflow® besser zu verstehen und um Möglichkeiten des Systems zu beschreiben. Eine grosse Anzahl an Studien erhielten wir von Fachärzten aus unserer Klinik. In den Datenbanken bibnet.org, Carelit, Pubmed und Springer Link wurden folgende Schlagwörter für die Recherche verwendet: Nasaler High-Flow, Apnoeic Oxygenation, Oxygen Desaturation, THRIVE, fibre-optic und Präoxygenierung. Zusätzlich wurde das Fachwissen von Praxisexperten miteinbezogen.

1.7 Rechtliche Aspekte

Die Ausbildungsinstitution der Verfasserinnen wird in der Arbeit nicht namentlich benannt. Der Datenschutz wurde eingehalten, indem keine Fallbeispiele aufgeführt werden. Es werden lediglich Erfahrungen von den Verfasserinnen sowie von Praxisexperten in der Arbeit erwähnt. Aus Einfachheitsgründen wird in dieser Arbeit die männliche Form verwendet, welche aber stets beide Geschlechter meint.

2 Theoretischer Bezugsrahmen

2.1 FRC und physiologische Atmung

Bei der Atmung werden die Zellen mit Sauerstoff (O₂) versorgt und das Kohlendioxid (CO₂), welches im Stoffwechsel gebildet wurde, wird entfernt. Das Herz-Kreislaufsystem führt den Sauerstoff zu den Zellen und das Kohlendioxid zur Lunge. Die Lunge ermöglicht den Gasaustausch.

Es gibt 4 Teilprozesse der Atmung. Krankheiten können in allen Abschnitten der Atmung auftreten (Larsen et al., 2018, p. 23).

- Die Ventilation beschreibt die Belüftung des Respirationstraktes, bei der die Alveolen mit Frischgas gefüllt werden.
- Beim pulmonalen Gasaustausch diffundiert Sauerstoff aus den Alveolen in das Blut und Kohlendioxid aus dem Blut in die Alveolen.
- Mit dem zirkulierenden Blut wird Sauerstoff zu den Zellen und Kohlendioxid aus den Zellen zur Lunge transportiert.
- Die Regulation der Atmung wird durch das Atemzentrum mithilfe von Chemorezeptoren gesteuert.

Jedes Gas hat einen eigenen Partialdruck, der immer den gleichen Prozentanteil eines Gasmisches besitzt. Wenn der Atmosphärendruck, welcher die Summe aller Partialdrücke ist, sinkt, wird der Partialdruck jedes einzelnen Gases kleiner.

Gas	Partialdruck
Sauerstoff 21%	158 mmHg
Stickstoff 78%	600 mmHg
Kohlendioxid 0.03%	0.23mmHg
Total 100%	760mmHg auf Meereshöhe

(Dridi, L., 2017, p. 15)

Der Druckunterschied zwischen Alveole und Atmosphäre macht den Gasaustausch möglich. Das Atemgas diffundiert vom Ort der höheren Konzentration – dies wäre bei der Inspiration der atmosphärische Druck – zum Ort der niederen Konzentration, dem Alveolärdruck. Bei der Expiration ist es umgekehrt. Dieser Mechanismus ist in der nachfolgenden Abbildung sehr gut ersichtlich (Oczenski, 2017, p. 29).

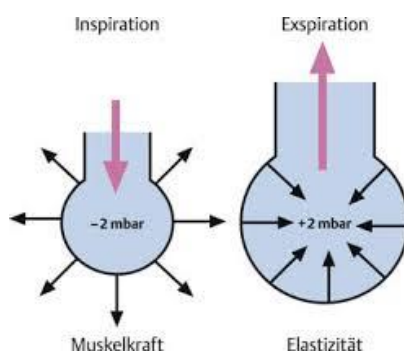


Abb1, Atemmechanik (Oczenski, 2017, p. 29)

In der Atmung gibt es verschiedene Lungenvolumina. In den untenstehenden Aufführungen werden durchschnittliche Werte von Erwachsenen verwendet und in der Abbildung 2 dargestellt.

- Die Vitalkapazität und das Residualvolumen ergeben zusammen die Totalkapazität, welche etwa 7 Liter ausmacht.
- Die Vitalkapazität beträgt ca. 5 Liter und ist die Menge an Luft, welche nach einer maximalen Inspiration maximal ausgeatmet werden kann.
- Das maximale Volumen, welches bei einer Ein- oder Ausatmung mobilisiert werden kann, wird als inspiratorisches und expiratorisches Reservevolumen bezeichnet und entspricht etwa 1 bis 2.5 Liter.
- Das Atemzugvolumen ist bei ca. 6-7ml/kg und wird bei jedem Atemzug ein- und ausgeatmet.
- Das Residualvolumen ist nicht mobilisierbar und bleibt nach der maximalen Expiration in der Lunge. Es beträgt 1.5 Liter.
- Das Volumen der FRC beträgt 3 Liter und verbleibt bei einer normalen Ausatmung in der Lunge (Larsen et al., 2018, p 24-25).

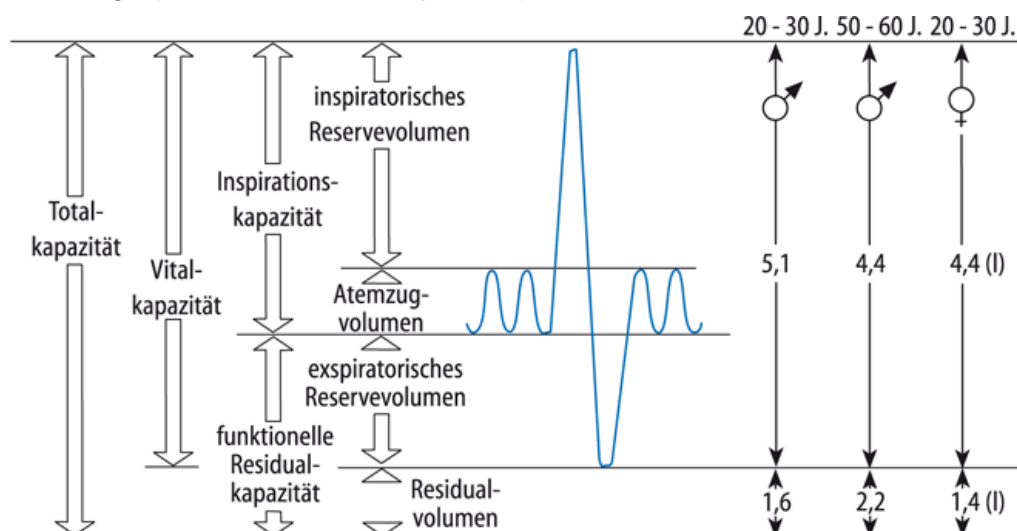


Abb2, Lungenvolumina und Lungenkapazitäten (Larsen et al., 2018, p.24)

Grundsätzlich sind alle Volumina bei Frauen um 20-25% kleiner. Die Körpergröße, das Geschlecht, das Alter und der Trainingszustand spielen bei der Grösse der Totalkapazität, der Vitalkapazität und des Residualvolumens eine Rolle.

Da das Residualvolumen in der Lunge bleibt, kann es nicht mithilfe eines Spirometers gemessen werden. In der Einschätzung des pulmonalen Gasaustausches sind die Messungen der Lungenvolumina irrelevant. Bessere Informationen über die Lungenfunktion geben uns die Ventilation und die Perfusion (Larsen et al., 2018, p 25).

2.1.1 Verschlusskapazität

Die Verschlusskapazität besteht aus dem Verschlussvolumen und dem Residualvolumen. Wenn die FRC kleiner ist als die Verschlusskapazität, kommt es zum Verschluss der kleinen Atemwege und der Gasaustausch ist eingeschränkt. Durch die Anwendung von positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) kann dies verhindert werden, da die FRC erhöht wird (Oczenski, 2017, p. 98).

2.2 Einflussfaktoren der FRC

2.2.1 Resistance

Die Resistance ist der Atemwegswiderstand, der bei jeder Inspiration und Expiration überwunden wird und die Atemarbeit bestimmt, die geleistet werden muss (Rathgeber, 2010, p.17).

Bei den Obstruktionen der Atemwege kann zwischen einem inspiratorischen und einem expiratorischen Stridor unterschieden werden. Der inspiratorische Stridor kann aufgrund einer zurückfallenden Zunge, Fremdkörpern, Struma, Sekret, Entzündungen und/oder Schwellungen im Bereich des Hypopharynx auftreten. Erkennungszeichen für einen inspiratorischen Stridor ist ein Geräusch während der Inspiration. Der expiratorische Stridor hingegen tritt aufgrund eines Asthmas bronchiale oder Tumoren im Bereich der kleinen Luftwege oder Bronchiolen auf. Im Unterschied zum inspiratorischen Stridor ist der Expiratorische an einem pfeifenden Geräusch während der Ausatmung zu erkennen. Bei beiden Formen gilt es, einen erhöhten Atemwegswiderstand zu überwinden. Aufgrund dessen bleibt häufig ein Teil der eingeatmeten Luft in der Lunge zurück und führt zu einer Zunahme der FRC (Larsen & Ziegenfuss, 2017, p12).

Durch eine gesteigerte Atemarbeit bei einer Obstruktion der oberen Atemwege sind in der Blutgasanalyse durch die Kompensation keine Veränderungen erkennbar.

Der Rechts-Links-Shunt nimmt bei einer Minderbelüftung eines Lungenareals zu. Dies kann beispielsweise durch eine Verlegung der Bronchiolen auftreten (Rathgeber, 2010, p.19).

2.2.2 Compliance

Der Druck, der angewendet wird, um ein geeignetes Volumen zu generieren, ist abhängig von der Compliance, also der Dehnbarkeit der Lunge. Bei einer steifen Lunge muss mehr Atemarbeit geleistet werden. Das heisst, es muss mehr Druck aufgenommen werden, um das gleiche Volumen zu applizieren (Rathgeber, 2010, p 20-21).

ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome), COPD, Pneumonie, Lungenfibrose, Lungenödem, Pneumothorax sowie der Hämatothorax und der Pleuraerguss können Gründe für eine Abnahme der Lungendehnbarkeit sein (Larsen & Ziegenfuss, 2017, p.11-12).

2.2.3 Perfusion-Ventilation

Die Ventilation ist das Atemminutenvolumen und somit der Transport der Atemgase aus der Atmosphäre in die Alveole und zurück. Zur Elimination von CO₂ muss die Lunge ventiliert werden, da eine alveoläre Hypoventilation zu einer Hyperkapnie führt. Damit O₂ in der Lunge aufgenommen werden kann, muss diese perfundiert werden. Die Perfusion entspricht dem Herzminutenvolumen. Der physiologische alveoläre Ventilations-/ Perfusions-Quotient liegt bei 0.8. Kommt es zu Abweichungen von diesem Verhältnis, kommt es zu einem Ventilations-/ Perfusions-Mismatch, was den pulmonalen Gasaustausch beeinträchtigt. Dabei gibt es Störungen der Perfusion und solche der Ventilation. Ist die Perfusion vermindert bei normaler Ventilation, nimmt der funktionelle Totraum zu, beispielsweise bei einer Lungenembolie. Umgekehrt kann auch die Ventilation vermindert sein bei normaler Perfusion, was zu einem pulmonalen Rechts-Links Shunt führt; beispielsweise bei Atelektasen. Neben diesen Verteilungsstörungen gibt es aber physiologischerweise intrapulmonal Unterschiede im Ventilations- / Perfusionsverhältnis. So wird die Lungenbasis besser perfundiert als die Lungenspitze, was das Verhältnis verändert (Oczenski, 2017, p.58-66).

2.3 Bedeutung der FRC für die Anästhesie

Die FRC dient als endexpiratorische Gasaustauschfläche und kann starke Schwankungen der inspiratorischen Gaskonzentration, des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks sowie des Partialdrucks des Kohlendioxids ausgleichen.

Bei einer hohen FRC kann ein erhöhter pulmonaler Gefässwiderstand auftreten, da die überdehnten Alveolen zu einer Kapillarkompression führen. Es ergibt sich ein Shunt, wobei das Blut in andere Lungenregionen umgeleitet wird. Zusätzlich nimmt die alveoläre Totraumventilation zu. Der erhöhte pulmonale Gefässwiderstand und die verminderte Compliance bringen eine gesteigerte Atemarbeit mit sich. Dies kann in höherem Alter, bei obstruktiven Erkrankungen oder bei grösseren Menschen auftreten. Umgekehrt werden Alveolen ungenügend oder gar nicht mehr ventiliert, wenn eine zu kleine FRC vorherrscht. Die Alveolen werden hierbei jedoch weiterhin durchblutet (Larsen & Ziegenfuss, 2017, p 10-12). Aufgrund einer Allgemeinanästhesie wird die funktionelle Residualkapazität durch häufig verwendete Medikamente wie Hypnotika, Opioide und Muskelrelaxantien verringert. Opioide

sind in höheren Dosierungen atemdepressiv und unter Einsatz von Anästhetika sowie Muskelrelaxantien wird der Muskeltonus vermindert. Das Zwerchfell schiebt sich durch die meist vorherrschende Rückenlage und durch die Muskelrelaxation nach kranial, was zu der Verminderung der FRC und der Sauerstoffaufnahme führt. Aufgrund dessen kommt es zu Ventilations- und Perfusionsstörungen. Die aufgrund einer gestörten Sauerstoffaufnahme auftretende Hypoxie ist in der Anästhesie eine der häufigsten Komplikationen (Kretz et al., 2016, p.69-72). Es gibt jedoch Patientengruppen, die ohne Anästhesie bereits eine geringe FRC aufweisen – beispielsweise bei Adipositas, einer Schwangerschaft oder bei restriktiven Lungenerkrankungen. Weitere Ursachen sind eine Verminderung des Zwerchfelltonus bei Restrelaxation und Atelektasen. Diese entstehen bei jeder Allgemeinanästhesie, was eine Verkleinerung des Lungenvolumens zur Folge hat. Der Atemwegswiderstand nimmt zu und die Compliance nimmt ab (Larsen, 2018, p. 181).

2.4 Low- Flow Systeme

Die Low-Flow-Systeme haben einen niedrigen Sauerstofffluss. Da der Flow des Patienten bei der Inspiration höher ist, vermischt sich der Sauerstoff mit der kohlendioxidreichen Luft. Wie stark die Sauerstoff angereicherte Luft verdünnt wird, hängt von mehreren Faktoren ab. Der Inspirationsfluss des Patienten, der Sauerstofffluss des Low-Flow-Systems und die Applikationsform spielen eine grosse Rolle. Die Sauerstoffkonzentration hängt ebenfalls davon ab, ob der Patient eine Mund- oder Nasenatmung hat. Die Sauerstoffsonde oder Sauerstoffbrille, die Sauerstoffmaske mit oder ohne Reservoir und die Maske mit oder ohne Rückatmung sind mögliche Applikationsformen bei der Low-Flow-Sauerstoffverabreichung. Bei der Sauerstoffgabe von bis zu 6 Liter pro Minute über die Sonde oder Brille kann eine Sauerstoffkonzentration von 21-40% erreicht werden. Da der Flow bei der Maske höher eingestellt werden kann und nur eine geringe Rückatmung stattfindet, wird eine höhere Sauerstoffkonzentration erreicht. Die höchsten Sauerstoffkonzentrationen (60-80%) werden mit der Maske mit Reservoir ohne Rückatmung erlangt. Dazu ist es aber nötig, einen Sauerstofffluss von mindestens 10 Liter in der Minute einzustellen (Ullrich et al., p.106).

2.5 High-Flow Systeme

Die High-Flow-Systeme haben einen höheren Sauerstofffluss als die Low-Flow-Systeme. Hierbei ist das Ziel, dass Patienten weniger Raumluft einatmen, indem der Fluss höher ist als der Inspirationsflow des Patienten. Der Sauerstoff kann mit den sogenannten Venturi-Masken verabreicht werden, dabei wird eine Sauerstoffkonzentration von 24-50% erlangt. Die andere Applikationsform sind die High-Flow-Oxygen-Systeme. Der Vorteil dieser Systeme ist die Verminderung des anatomischen Totraums. Nasenstutzen, die abdichten, führen zu einem positiven Druck in den Atemwegen, was die Atemarbeit des Patienten verringert. Nasenstutzen, die weniger abdichten, vermindern einen solchen positiven Druck. Die

spontane Atmung auf positivem Druckniveau kommt auch bei der CPAP-Therapie zum Zuge (Schäfer et al., 2015, p.37-38).

Zu beachten ist, dass es durch den hohen Sauerstofffluss zur Beeinträchtigung der Ziliar- und Leukozytenfunktion kommen kann. Aufgrund der hohen Sauerstoffkonzentration kommt es zu Resorptionsatelektasen und es kann zu Alveolar- und Surfactantschädigungen kommen (Ullrich et al., p.106).

2.5.1 Optiflow®

Das Optiflow® ist eine Form der High-Flow-Systeme. Die hohen Flussmengen an Sauerstoff werden angefeuchtet und erwärmt und so über die Atemwege verabreicht. Der Sauerstoff wird beim Optiflow® über eine grosslumige Nasenkanüle appliziert und bietet eine Atmungsunterstützung. Eine der häufigsten verwendeten Begriffe für diese Methode ist nasaler High-Flow oder im englischsprachigen Raum THRIVE. Dies bedeutet Transnasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange. Der nasale High-Flow wird von verschiedensten Herstellern angeboten. Es gibt von TNI das Softflow 50®, von Fisher&Paykel das Optiflow® oder den Airvo® und von Vapotherm den Precision Flow® (Bräunlich & Wirtz, 2006, p.388-394). Beim Optiflow® wird Sauerstoff und angesaugte Umgebungsluft in einem Mischer angewärmt und befeuchtet. Der maximale Sauerstofffluss, der eingestellt werden kann, liegt bei 60 Liter pro Minute. Er wird mittels einer grosslumigen Nasenbrille, die in verschiedenen Grössen erhältlich ist, verabreicht [W001].

2.5.2 Wirkmechanismen

Der Sauerstofffluss ist deutlich höher als der maximale Spitzenfluss bei der Inspiration. Beim Optiflow® sind die Nasenkanülen nicht vollständig abgedichtet. Gemäss Hersteller Fisher&Paykel konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass ein Druckanstieg von 0.5-1cm Wassersäule pro 10 Liter in der Minute möglich ist. Der positive Atemwegsdruck ist Atmungs-sowie Flow abhängig. Je nach Anatomie des Nasenrachenraumes dichtet die Sauerstoffbrille besser oder schlechter ab. Wenn durch die Nase geatmet wird, kann ein viel grösserer Druck aufgebaut werden. Durch den positiven Atemwegsdruck wird die Inspiration erleichtert und die Expiration verlängert, was vor allem für Patienten mit Ateminsuffizienz zu einer geringeren Atemarbeit führt. Die Förderung einer langsamen und tiefen Atmung führt wiederum zu einer erhöhten alveolären Ventilation. Die Atemwege werden befeuchtet, was eine Schädigung der Mukosa im Bereich der oberen Atemwege reduziert und den nasalen High-Flow für die Patienten tolerabel macht. Durch den hohen Sauerstofffluss wird die Rückatmung von CO₂ reduziert und somit der Totraum vermindert. Dies wiederum erhöht die alveoläre Ventilation [W001].

In dem mehr Sauerstoff aufgenommen als Kohlendioxid abgegeben wird, erhöht dies ebenfalls die alveoläre Ventilation. Beim Einsatz des Optiflow® während der Apnoe steigt das CO₂ pro Minute weniger an als mit Low-Flow-Systemen. Der Anstieg des Kohlendioxids

beträgt mit nasalem High-Flow 1mmHg pro Minute. Bei Low-Flow-Systemen erhöht sich das CO₂ um 8-9mmHg in den ersten Minuten und danach um 3mmHg. Das heisst, das Risiko einer Hyperkapnie wird vermindert (Theiler, 2018).

Eine Erhöhung des Atemwegsdrucks, die Verkleinerung des funktionellen Totraums und die Absenkung des Kohlendioxids sind zusammengefasst die wichtigsten positiven Effekte des Optiflow®.

2.5.3 Präoxygenation und apnoische Oxygenation

In der Apnoe diffundieren 250ml/min. Sauerstoff von der Alveole ins Blut. Die Kohlendioxidproduktion aus dem Stoffwechsel liegt bei 200ml/min. Während der Apnoezeit werden aber nur 10% des CO₂ an die Alveole abgegeben. Dies generiert einen negativen Druck in der Alveole von ca. -20cmH₂O, was dazu führt, dass Sauerstoff in die Alveole gesaugt wird. Bedingung hierfür ist, dass eine hohe Menge Sauerstoff in den Atemwegen respektive in den Alveolen verfügbar ist und dieser nicht blockiert wird. Das heisst, freie Atemwege sind die Voraussetzung (Theiler, 2018). Dieser Mechanismus wird in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht.

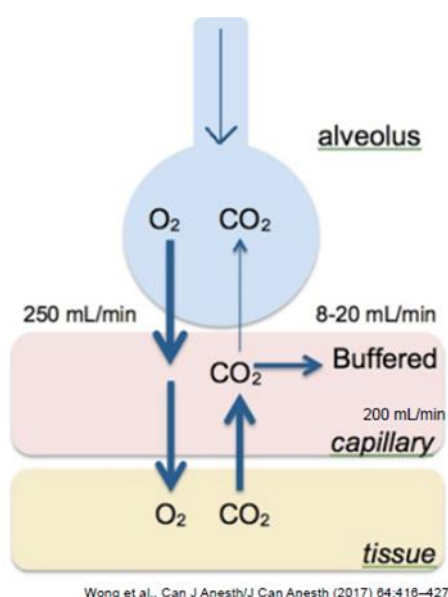


Abb3, Apnoische Oxygenation (Theiler, 2018, p.9)

2.5.4 Kontraindikationen

Ein blockierter Nasopharynxbereich und Frakturen im Bereich des Mittelgesichtes wurden als Kontraindikationen beschrieben. Obstruktionen des Atemweges gelten ebenfalls als Kontraindikation, da der insufflierte Sauerstoff nicht oder nur ungenügend zu den Alveolen gelangt. Grundsätzlich sollte es nicht kombiniert werden mit einer Maske, da die Wahrscheinlichkeit der Insufflation von O₂ in den Magen rapide steigt (Doyle, 2016).

2.5.5 Installationsanleitung für die Praxis

Für den Einsatz mit dem Optiflow® muss die richtige Grösse der Nasenkanüle, welche unterhalb abgebildet ist, bestimmt werden. Ein verstellbarer Kopfgurt wird individuell auf jeden Patienten angepasst. Aufgrund des atmungsaktiven Zufuhrschlauchs wird die Kondensatbildung vermindert [W001].



Abb4, Optiflow® Nasenkanüle (Fisher&Paykel Healthcare)

Die manuell befüllbare Befeuchterkammer ist für Erwachsene ausgelegt. Nachdem sie auf dem Atemluftbefeuchter eingerastet ist, wird die Kammer bis zur Markierung mit destilliertem Wasser gefüllt [W001].



Abb5, MR250 manuell befüllbare Befeuchterkammer für Erwachsene (Fisher&Paykel Healthcare)

Der Atemluftbefeuchter verfügt über eine beheizte Platte, auf der die Kammer eingerastet wird. Somit wird das Atemgemisch befeuchtet und erwärmt. Wenn das destillierte Wasser verbraucht oder kein Frischgasfluss vorhanden ist, geht er automatisch in den Standby-Modus. Es gibt ein Alarmsystem mit einer Unterdrückungstaste. Eine weitere bestimmt den idealen Temperatur-und Feuchtigkeitspegel [W001].



Abb6, MR 850-Beheizter Atemluftbefeuchter (Fisher&Paykel Healthcare)

Das Gerät wird mit der CPAP-Beatmung benutzt. Zusätzlich kann es mit anderen Beatmungsgeräten und für die Verabreichung anderer Gase verwendet werden. Der „Invasiv

Modus“ wird für tracheotomierte und intubierte Patienten gebraucht und deren Aktivierung darf in diesen Fällen nicht vergessen werden [W001].

1. Schieben Sie die Befeuchterkammer (A) auf die Heizplatte des Atemgasbefeuchters und schließen Sie das Schlauchsystem (B) an. (Weitere Informationen dazu finden Sie in den Bedienungsanleitungen der Befeuchterkammer und des Schlauchsystems).
2. Stecken Sie den Anschluss der Temperaturmesssonde (C) (REF 900MR86X) in die blau umrandete Buchse am Atemgasbefeuchter bis sie ein Klicken hören.
3. Stecken Sie den Doppelmesskopf (D) und die distale Temperaturmesssonde (E) in die Sondenöffnungen des Schlauchsystems. Achten Sie auf eine korrekte Adaptierung der proximalen Sonde in dem gekerbten Anschluss des Schlauchsystems. Beide Sonden müssen vollständig eingesteckt sein. Das Kabel der Temperaturmesssonde kann durch die Benutzung der Clips am Schlauchsystem befestigt werden.
4. Stecken Sie den Anschluss des Schlauchheizungskabels (F) (REF 900MR8XX) in die gelb umrandete Buchse am Atemgasbefeuchter bis Sie ein Klicken hören.
5. Verbinden Sie die anderen Enden des Schlauchheizungskabels mit den Knistücken des Schlauchsystems (G) und (H).
6. Das Atemgasbefeuchtungssystem ist jetzt betriebsbereit! Beim Einschalten des Atemgasbefeuchters wird automatisch der „Invasiv Modus“ aktiviert.

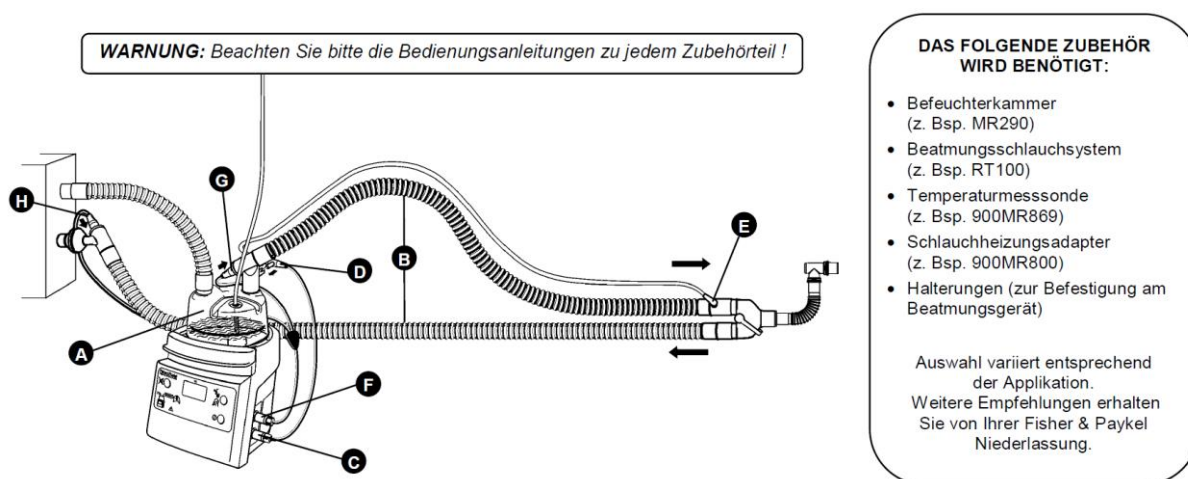


Abb7, F&P850-System-Nutzungshinweise (Fisher&Paykel Healthcare)

Bevor das Optiflow® am Patienten angewendet wird, muss das Gerät aufgewärmt werden. Bei hohen Flussmengen sollte mit einem geringen inspiratorischen Flow begonnen werden. Danach wird der Fluss langsam gesteigert. Während dem Einsatz des Optiflow® muss die Kondenswasserbildung kontrolliert und das Kondensat bei Bedarf geleert werden. Die Nasenkanüle wird nach jedem Patienten gewechselt. Die Handhabung ist nicht wesentlich anders als bei der Verwendung einer Sauerstoffbrille, was den Umgang vereinfacht [W001].

2.6 Schwieriger Atemweg

Bei einer endotrachealen Intubation wird von einem gesicherten Atemweg gesprochen, welche eine der zentralen Aufgaben der Anästhesie ist. Da sich die Atemwegssicherung als nicht immer einfach darstellt, ist eine Einschätzung des Atemwegs unabdingbar. Dies sollte am besten beim Prämedikationsgespräch oder zumindest vor der Einleitung geschehen. Die schwierige Atemwegsfreihaltung schliesst die schwierige Maskenbeatmung, die schwierige pharyngeale Atemwegsfreihaltung, die schwierige Laryngoskopie oder schwierige Intubation mit ein (Striebel, 2014, p.746). Nachfolgend sind Prädiktoren der schwierigen Maskenbeatmung aufgeführt.

Prädiktoren der schwierigen/unmöglichen Maskenbeatmung sind:

- Narben, Tumoren, Entzündungen, Verletzungen von Lippe und Gesicht
- Makroglossie und andere pathologische Zungenveränderungen
- Bestrahlung oder Tumor im Bereich der Halsregion
- Pathologische Veränderungen von Pharynx, Larynx und Trachea
- Männliches Geschlecht
- Alter >55 Jahre
- Schnarchanamnese bzw. Schlafapnoe-Syndrom OSAS
- Vollbartträger
- Mallampati Grad III oder IV
- Deutlich eingeschränkte Protrusion des Unterkiefers (Der Unterkiefer kann nicht so weit vorgeschoben werden, dass eine Berührung der Zähne des Unterkiefers mit den Zähnen des Oberkiefers möglich ist.)
- Body-Mass-Index >30 kg/m²
- Thyromentaler Abstand <6 cm

Abb8, Prädiktoren der schwierigen/unmöglichen Maskenbeatmung (Larsen, 2018, p. 415)

Das Risiko einer schwierigen bis unmöglichen Maskenbeatmung steigt, je mehr Risikofaktoren zugegen sind. Umso wichtiger sind die Informationssammlung und die präklinische Einschätzung des Patienten. Wissenswertes, welches für die Einschätzung der Maskenbeatmung sowie für die Intubation von Bedeutung ist, wird darauffolgend aufgeführt:

- Frühere Operationen und damit notierte Anästhesieprobleme
- Störung der Stimmbandfunktion, Heiserkeit
- Beurteilung der Zungengrösse
- Reklination, frühere Operationen an HWS
- Mundöffnung
- Schwierigkeiten mit der Nase, Nasenatmung
- Ggf. Ausweis für schwierige Intubation

Bei erwartet schwierigem Atemweg respektive bekannten Intubationsschwierigkeiten sollte aus Sicherheitsgründen zudem der Erfahrenste die Intubation durchführen (Larsen, 2018, p.414-415).

Bei mehreren frustrierten Intubationsversuchen können Schwellungen und Blutungen im Rachen und Kehlkopfbereich auftreten. Dies führt dazu, dass schlussendlich die Maskenbeatmung ebenfalls nicht mehr möglich ist und somit die Gefahr einer Hypoxie rapide steigt. Aus diesem Grund muss in jeder Klinik ein Algorithmus bei einer schwierigen Atemwegsfreihaltung vorhanden und allen beteiligten Personen bekannt sein. Zusätzlich muss entsprechend geeignetes Material in unmittelbarer Nähe zur Verfügung stehen. Das

sind beispielsweise alternative Laryngoskope, Führungsstäbe, Tubuswechselstäbe, Larynxmasken, Kombituben, andere pharyngeale Instrumente, Fiberoptik und das Koniotomieset (Striebel 2014, p. 747-755).

Unterhalb werden Prädiktoren der schwierigen/unmöglichen direkten Laryngoskopie erwähnt.

- Schwierige Intubation in der Anamnese
- Stridor
- Kurzer oder dicker Hals
- Vorstehende Schneidezähne mit überstehendem Oberkiefer
- Eingeschränkte Mundöffnung
- Progenie
- Verringerter thyromentaler Abstand
- Tumoren, Abszesse im Kopf-, Hals- oder Mediastinalbereich
- Z. n. Operationen am Larynx/Pharynx
- Große Zunge
- Raumfordernde Struma oder Entzündungen im Rachenbereich
- Eingeschränkte Reklination des Kopfes
- Subglottische Stenose, Trachealstenose, Trachealverlagerung
- Schlafapnoe-Syndrom
- Schwangerschaft
- Mallampati Grad III und IV

Abb9, Prädiktoren der schwierigen/unmöglichen direkten Laryngoskopie (Larsen, 2018, p. 415)

Falls mehrere Prädiktoren der schwierigen Maskenbeatmung sowie der schwierigen/unmöglichen direkten Laryngoskopie vorhanden sind, wird die Intubation fiberoptisch wach unter Spontanatmung durchgeführt. Meistens wird der nasale Weg gewählt, da er leichter und für den Patienten angenehmer ist. Die fiberendoskopische Intubation wird unter Analgosedation durchgeführt. Wichtig hierbei ist, dass während der Intubation dem Patienten kontinuierlich Sauerstoff verabreicht wird. Dazu stehen verschiedene Systeme zur Verfügung (Larsen, 2018, p. 424-425).

2.7 Präoxygenierung

Die Sauerstoffgabe über eine Maske vor der Einleitung einer Allgemeinanästhesie wird als Präoxygenation bezeichnet. Ziel ist die Verlängerung der Apnoezeit bis zum gesicherten Atemweg. Der in den Alveolen enthaltene Stickstoff wird ausgewaschen und durch Sauerstoff ersetzt, was den Sauerstoffspeicher vergrößert. Die Apnoezeit kann dadurch um etwa 15

Minuten verlängert werden. Der Speicher für Sauerstoff ist gleichbedeutend wie die funktionelle Residualkapazität. Bei normalem Sauerstoffverbrauch und ohne Präoxygenation ist die Reserve in der Apnoe bereits nach einer Minute verbraucht. Bei Patienten mit einer geringen FRC ist eine gute Präoxygenation unabdingbar, da dort der Sauerstoffspeicher schneller ausgeschöpft ist (Döriges et al., p. 13-15).

Gemäss Larsen (2009, p.304) wird durch die Präoxygenation die pulmonale Sauerstoffreserve um das 6- bis 7-fache erhöht.

Grundsätzlich wird vor jeder Einleitung präoxygeniert, da auch ohne Risikofaktoren ein schwieriger Atemweg vorherrschen kann und die verlängerte Apnoezeit von Vorteil ist. Es gibt einige Voraussetzungen, die erfüllt werden müssen, um die volle Wirkung der Präoxygenation nutzen zu können. Die Präoxygenation sollte 3 Minuten dauern, bei normaler Spontanatmung und dicht sitzender Maske. Um das Einatmen von Raumluft zu verhindern, sollte der Patient während der Präoxygenation nicht sprechen. Für die Präoxygenation wird in der Praxis die Gesichtsmaske in Kombination mit dem Respirator verwendet. Das Beatmungsgerät misst dabei die endtidale Kohlendioxid- sowie die endtidale Sauerstoffkonzentration. Damit keine Rückatmung während der Präoxygenation stattfindet, muss der Flow entsprechend erhöht werden. Mit der Einleitung kann begonnen werden, wenn die endtidalen Sauerstoffkonzentrationen über 0.8 beziehungsweise über 0.9 von maximal 1.0 vorliegen (Döriges et al., p. 16-17).

Nach dem Aufsetzen der Beatmungsmaske sollte der Patient unter Spontanatmung mit 100% Sauerstoffkonzentration und einem hohem Frischgasflow mehrere Atemzüge über etwa 3-5 Minuten machen. Bei maximaler Inspiration und Expiration wird die gewünschte Präoxygenation schneller erreicht (Wetsch et al., p. 40).

2.8 Maskenbeatmung

Die Maskenbeatmung dient zur Oxygenation und Ventilation eines apnoischen Patienten und wird mittels Gesichtsmaske durchgeführt. Dabei ist es wichtig, dass der Mund sowie die Nase mit der Maske umschlossen werden. In der heutigen Praxis wird häufig mit dem Beatmungsgerät manuell beatmet. Der Beatmungsbeutel mit Reservoir und Sauerstoffanschluss ist eine weitere Möglichkeit für die Maskenbeatmung. Wichtig ist die richtige Grösse bei der Wahl der Maske, um von Anfang an optimale Bedingungen zu schaffen. Genauso elementar sind die richtige Lagerung des Patienten (Kopf in „Schnüffelposition“) und die Anwendung des Esmarch`schen Handgriffs. Der Totraum der Atemwege wird durch die Maske vergrössert. Bei der Maskenbeatmung besteht ein gewisses Risiko einer Regurgitation von Magensaft respektive Mageninhalt. Aus diesem Grund sollten Patienten mit Beatmungsdrücken von über 20cm Wassersäule nicht ventiliert werden. Eine ausreichende Maskenbeatmung ist erfüllt, wenn sich der Thorax hebt und senkt. Bei

Verwendung des Respirators werden zusätzlich die endtidale Kohlendioxidkonzentration, die Tidalgrösse und der Beatmungsdruck überprüft (Döriges et al., p. 19-27).

2.9 Fiberoptisch wache Intubation

Die fiberoptisch wache Intubation wird bei Patienten angewendet, wobei das Risiko einer Hypoxämie während der Einleitung, aufgrund einer erschwerten Ventilation und/oder Intubation, besteht. Um dieses Risiko zu vermindern, kommt die fiberoptisch wache Intubation zum Einsatz [W002].

2.9.1 Vorgehen

Meistens wird mit der Fiberoptik nasal intubiert. Das ist für den wachen Patient angenehmer und die Sicht auf den Larynx wird besser, weil das Bronchoskop mittig im Oropharynx liegt. Die Nase muss vorgängig mit einem Lokalanästhetikum mit Vasokonstriktor vorbereitet werden, da es sonst zu Epistaxis kommen kann. Die wache fiberoptische Intubation gegenüber der Schlafenden hat den Vorteil, dass der Muskeltonus weiterhin vorhanden ist, was die Sicht erleichtert. Bei Blutungen oder viel Sekret ist es fast unmöglich, die Fiberoptik zu benutzen. Bei gesunden Patienten benötigt man keinen zusätzlichen Sauerstoff. Da aber viele Patienten bereits krank sind und eine reduzierte FRC aufweisen oder es durch den schwierigen Atemweg zu einer verlängerten Intubation kommt, wird meist Sauerstoff verabreicht [W002].

2.9.2 Indikation

Indikationen für eine fiberoptische Intubation sind eine reduzierte Mundöffnung, bei der eine konventionelle Laryngoskopie schwierig ist, abnormale Atemwegs anatomien, Tumore im Oropharynx und instabile HWS-Verletzungen, bei denen Bewegungen weitestgehend vermieden werden müssen [W002].

2.9.3 Risiko

Die fiberoptisch wache Intubation ist aber auch mit einem Risiko verbunden und kann eine Desaturation nicht komplett verhindern. Auch mit der Applikation von Sauerstoff kann es durch die Sedation, Lokalanästhesie, Atemwegsobstruktion und Komorbiditäten zu einem Sättigungsabfall kommen. Im Vergleich zum Optiflow® haben herkömmliche Sauerstofftherapiemöglichkeiten wie eine Nasenbrille oder Maske nicht genügend Flow oder ein ausreichendes FiO₂ (Fraction of inspired oxygen), um eine Entsättigung zu vermeiden. Beispielsweise kann mit einer Nasenbrille ein maximales FiO₂ von 0.36 erzeugt werden. Durch die Sedation ist eine Hypoventilation und Apnoe immer möglich. Ausserdem sind Patienten mit chronisch obstruktiven oberen Atemwegserkrankungen gefährdeter für eine Desaturation (Badiger et al., 2015).

3 Ergebnisse aus der Literatur

Das Optiflow® wird in verschiedensten Bereichen eingesetzt. Stärker als in der Anästhesie ist es bereits auf der Intensivstation oder Intermediate Care vertreten. Dort wird es häufig zur Therapie einer Ateminsuffizienz oder einer exazerbierten COPD verwendet (Bräunlich & Wirtz, 2016, p.388-394). Bei allen miteinbezogenen Studien wurde das Optiflow® von den Patienten sehr gut toleriert und der Tragekomfort wurde als hoch eingestuft. Vor allem für Patienten mit Klaustrophobie erwies sich die Präoxygenation mit Optiflow® als sehr vorteilhaft (Doyle, 2016).

3.1 THRIVE bei fiberoptisch wacher Intubation

In einer Studie von Badiger et al. (2015) im British Journal of Anaesthesia wurde bei 50 Patienten mit abnormalen pharyngealen und laryngealen Pathologien mit Hinweisen für eine schwierige Intubation und Informationen aus vorhergegangenen schwierigen Intubationen, die Indikation für eine fiberoptisch wache Intubation mit Optiflow® gestellt. Keiner der Patienten erhielt eine Prämedikation und alle wurden mit dem TCI-System mit Propofol und Remifentanyl sediert, so dass sie stets bei Bewusstsein waren. Nase und Oropharynx wurden wie üblich lokal betäubt. Das Optiflow® wurde von den Patienten gut toleriert und als angenehm empfunden. Die durchschnittliche fiberoptische Intubationszeit lag bei 18 Minuten. Während dieser Zeit wurde ein Patient durch die Sedation apnoisch. Jedoch hat keiner der Patienten entsättigt und das endtidale CO₂ lag nach der Intubation in der Norm. Neben dem positiven Effekt der Oxygenation wurden weitere Vorteile festgestellt. Die weiche Nasenbrille vom Optiflow® gewährleistete eine kontinuierliche Verabreichung von Sauerstoff, ohne der Fiberoptik und dem Tubus im Weg zu sein. Die Autoren der Studie vermuteten weiter, dass der angefeuchtete Sauerstoff die postradiotherapeutische Schleimhaut schützt und Verletzungen verhindern kann. Weiter vermuteten sie, dass der hohe Flow bei der besseren Verteilung des Lokalanästhetikums hilft und einen Kollaps der Atemwege verhindert. Die effektive Oxygenierung führt zu stabileren Vitalzeichen. Human Factors profitieren insofern, als die Arbeitsumgebung ruhiger wird, somit kann mehr Aufmerksamkeit für die Intubation selber verwendet werden und das Teaching findet sicherer statt. Die Autoren der Studie empfehlen das Optiflow® bei High-Risk-Patienten, da es als einzige Sauerstofftherapiemöglichkeit ein FiO₂ von 100% erreichen kann (Badiger et al., 2015).

3.2 THRIVE zur Präoxygenation

3.2.1 Adipöse Patienten

Adipöse Patienten haben eine reduzierte FRC und weisen schneller Atelektasen auf, was zu einem Ventilations-Perfusions-Mismatch führt, mit Folge einer Hypoxie durch den Rechts-Links-Shunt. Durch das morbid Übergewicht wird bei der Anästhesieeinleitung eine Rapid Sequence Induction durchgeführt, da sie als nicht nüchtern gelten. Zudem sind die Maskenbeatmung und die endotracheale Intubation öfter erschwert als bei normalgewichtigen Patienten. Aus diesen Gründen ist die Präoxygenation, um die Apnoetoleranz zu verlängern, bei adipösen Patienten sehr wichtig (Heinrich et. al., 2014). Die Apnoezeit verlängert sich bei gesunden Patienten durch die optimale Präoxygenation auf ca. 9 Minuten. Adipöse Patienten entsättigen auch mit bester Präoxygenation bereits nach 2-4 Minuten (Heard et al., 2017). Mit einer Gesichtsmaske kann ebenfalls positiver Atemwegsdruck aufgebaut werden, was viele Patienten aber als nicht angenehm empfinden. Viele übergewichtige Patienten sind zudem klaustrophobisch und tolerieren die Maske nicht. Gerade bei diesen Patienten eignet sich das THRIVE sehr gut, weil die Nasenbrille oftmals viel besser toleriert wird und ebenfalls ein positiver Atemwegsdruck hergestellt werden kann (Heinrich et. al., 2014.)

In einer Studie im Journal of Obesity and Bariatrics von Heinrich et al. (2014) wurden die arteriellen Sauerstoffpartialdrücke PaO₂ bei drei verschiedenen Präoxygenationstechniken untersucht – der Standard-Präoxygenation mit Gesichtsmaske, mit einer CPAP Gesichtsmaske und mit dem Optiflow®. Der PaO₂ beim Optiflow® lag deutlich über den Partialdrücken der Vergleichsgruppen. Eine Erklärung dafür ist, dass es mit dem Optiflow® zu weniger Totraumventilation kommt. Ein Nachteil vom Optiflow® ist, dass der PEEP nicht eingestellt werden kann und abhängig von der Kooperationsbereitschaft des Patienten ist, den Mund geschlossen zu halten. Auffallend in der Studie war, dass sich nach 3 Minuten Präoxygenation der PaO₂ in allen drei Gruppen nicht mehr signifikant verändert hatte. Eine längere Präoxygenation bringt keine wesentlichen Vorteile mehr. Die Optiflow® Gruppe hatte die höchsten PaO₂-Werte, die sich in der Apnoezeit während der Intubation am wenigsten schnell reduzierten. In dieser Studie wurden in allen drei Gruppen die Maske und die Nasenbrille entfernt, als der Patient das Bewusstsein verloren hatte. Also wurde nicht weiter apnoisch oxygeniert (Heinrich et al., 2014).

3.2.2 Schwieriger Atemweg

Während einer Narkoseeinleitung ist das oberste Ziel die Oxygenation des bewusstlosen Patienten. Während der Apnoezeit wird der Atemweg gesichert. Kann der Atemweg nicht wie geplant gesichert werden, folgt die Reoxygenation mittels Maskenbeatmung. Es gibt Patienten, die eine schwierige Intubationsanatomie aufweisen und eine reduzierte Apnoetoleranz haben. Mehrere Laryngoskopieversuche erhöhen das Risiko für ein Atemwegstrauma, was die weitere Maskenbeatmung und weitere Intubationsversuche

erschwert. Das alles kann sich bis zur cannot-ventilate-cannot-intubate-Situation mit den möglichen Folgen von bleibenden Schäden bis Mortalität steigern. Um die Apnoezeit zu verlängern, wird präoxygeniert. Patel et al. (2015) untersuchte in seiner beobachtenden Studie bei Patienten mit Indikatoren für eine schwierige Intubation, welche Auswirkungen das Optiflow® bei der Einleitung hat. Sobald die Patienten bewusstlos wurden, wurde der Esmarch-Handgriff gemacht, um die Atemwege zu öffnen. Es wurde geprüft, ob die Maskenbeatmung möglich wäre und dann wieder unterbrochen. Die Präoxygenation mit dem Optiflow® erfolgte beim wachen Patienten mit 70l/min und wurde mit diesem Flow während der Apnoezeit fortgeführt. Die Apnoezeit dauert an bis zum gesicherten Atemweg oder Ende des Eingriffs und betrug im Durchschnitt 17 Minuten. Während dieser Zeit betrug der SpO₂ bei allen Patienten stets über 90% (Patel et al., 2015).

Da das Optiflow® die Apnoetoleranz verlängert, kann der Stress bei einer schwierigen Intubation reduziert werden und ruhiger ablaufen. Bei erschwertem Atemweg bietet das Optiflow® Vorteile, ohne Nebenwirkungen zu haben (Renda et al., 2018).

3.3 THRIVE bei der Rapid Sequence Induction

Bei einer Rapid Sequence Induction verlängert das Optiflow® ebenfalls die Apnoetoleranz. Dies ist der entscheidende Vorteil, da, wenn eine Hypoxämie auftritt, die Optionen der Reoxygenation limitiert sind. Die Maskenbeatmung wird vermieden, um den Magen nicht zu blähen, was zu erhöhtem intragastrischen Druck führt – mit dem Risiko einer pulmonalen Aspiration. Bei einer Entsättigung wurde bisher eine vorsichtige Maskenbeatmung angewendet. Die nasale Applikation von Sauerstoff hat Vorteile, ist für den Patienten aber nicht besonders angenehm. Es kann zu trockener Schleimhaut und Sinuskopfschmerzen kommen, weshalb bei wachen Patienten maximal 15l/min O₂ verabreicht werden kann. Gemäss Lodenius et al. (2018) ist die Anwendung von THRIVE bei einer Rapid Sequence Induction möglich. Hier ist die Apnoezeit bei der Präoxygenation mit Maske und unter Anwendung vom Optiflow® gleichwertig. Da der nasale High-Flow während der Laryngoskopie bestehen bleibt, verringert es die Inzidenz einer Hypoxie. In dieser Studie wurde keine gastrale Insufflation von Sauerstoff während der Anwendung von nasalem High-Flow festgestellt. Das Risiko besteht vor allem bei einem Atemwegsdruck von 10cmH₂O. Da der Druck, der beim THRIVE maximal aufgebaut werden kann, 6cm HO₂ beträgt, ist die Wahrscheinlichkeit einer gastralen Regurgitation klein. In einer Studie von Mir et al. (2017) zur Präoxygenation mit Optiflow® und Standardmaske war vor allem auffällig, dass die Zeit bis zum gesicherten Atemweg in der Gruppe des Optiflow® länger andauerte. Die Vermutung liegt nahe, dass der Grund dafür das Wissen des Anästhesisten zur verlängerten Apnoezeit aufgrund des Optiflow® war und deshalb die Intubation vorsichtiger und ruhiger und folglich langsamer stattfand. Die Blutwerte der beiden Gruppen haben sich nur unwesentlich unterschieden. Das Optiflow® bei einer Rapid Sequence Induction bringt nicht entscheidende

Vorteile gegenüber üblichen Präoxygenationsmöglichkeiten, ist aber praktisch und leicht anzuwenden (Mir et al., 2017).

3.4 THRIVE bei apnoischer Oxygenation

Die Apnoezeit mit THRIVE ist länger als bei der Präoxygenation mit Maske (Sunil et al., 2018). Es ist schon seit dem Beginn des 20. Jahrhundert bekannt, dass apnoische Diffusion von Sauerstoff funktioniert, aber einhergeht mit einer Hyperkapnie und folglich respiratorischer Azidose. Studien haben gezeigt, dass beim THRIVE ein gewisser Gasaustausch stattfindet und der PaCO₂ weniger stark ansteigt als erwartet. Es wird vermutet, dass der hohe Sauerstofffluss bei offenen Atemwegen CO₂ ausspülen kann. THRIVE eignet sich also zur apnoischen Oxygenation bei kurzen laryngealen Eingriffen, als Präoxygenation und während der Intubation, um die Apnoetoleranz zu verlängern. Bei offenen Atemwegen gelangen 100% Sauerstoff in die Atemwege und erzeugen eine komplette Denitrogenation. In Studien konnte gezeigt werden, dass die Sauerstoffsättigung bis zu 65 Minuten stabil bleibt. Das Limitierende des Optiflow® ist nach wie vor die Erhöhung des CO₂ und die Reduktion des arteriellen pH (Gustafsson et al., 2015). In der Studie von Gustafsson et al. (2015) gab es zu Beginn der Apnoe einen schnelleren Anstieg des CO₂, der dann abflachte. Das wurde in anderen Studien ebenfalls so beschrieben, der Mechanismus ist aber nicht vollständig geklärt (Gustafsson et al., 2015). Patel et al. (2015) vermutet, dass die Elimination vom CO₂-Flow abhängig ist. Nach der durchschnittlichen Apnoezeit von 22.5 Minuten sank der pH auf 7.13. Transkutan gemessenes CO₂ korreliert gut mit dem PaCO₂, nicht aber mit dem etCO₂. Nach Patel steigt der PaCO₂ um 1,1mmHg/min. Gustafsson kommt zum Ergebnis von 1,8mmHg/min. Bei laryngealen Eingriffen ist beim Optiflow® von Vorteil, dass es zu keinen Vibrationen kommt, im Gegensatz zur Jet Ventilation (Gustafsson et al., 2015).

Patel et al. (2015) schreibt, dass der schnelle Anstieg des CO₂ mit der respiratorischen Azidose schnell die Puffersysteme des Bluts an ihre Grenzen bringt. Es kommt zu ventrikulären Arrhythmien, weil die myokardiale Kontraktilität und leitenden Eigenschaften eine limitierte Toleranz gegenüber einer Azidose hat, was schlussendlich fatal sein kann (Patel et al., 2015).

In einer Studie des Journal of Critical Care wurde die Wirksamkeit des THRIVE für die Präoxygenation und apnoische Oxygenation bei Patienten mit einem hohen Risiko für eine Hypoxie untersucht. Es wurden Probanden mit einer hohen metabolischen Rate, akuter respiratorischen Erkrankungen, Patienten mit einem erwartet schwierigen Atemweg, BMI über 30, chronischen respiratorischen Erkrankungen und/oder pathologisch reduzierter FRC in die Studie miteinbezogen. Es konnte gezeigt werden, dass nur eine geringe Inzidenz für eine Entsättigung während der Sicherung des Atemweges besteht. Das heisst, die Atemwegssicherung mit Einsatz des THRIVE minimiert das Risiko einer Hypoxie (Doyle, 2016). Probanden mit erschwertem Atemweg und hoher Sedation erlitten keinen

Sättigungsabfall oder eine Hyperkapnie. Und es ist zurzeit die einzige Methode, um dem Patienten kontinuierlich 100% Sauerstoff (mit 60 Liter pro Minute) zu verabreichen, während er wach ist, ohne eine Maske zu verwenden (Badiger et al., 2015).

3.4.1 Apnoische Oxygenation bei adipösen Patienten

Verschiedene Arten der Präoxygenation kommen an ihre Grenzen in Situationen mit erschwertem Atemweg, wo mehrmals oder prolongiert laryngoskopierte wird. Auch mit der Optimierung der Präoxygenation mit CPAP oder Oberkörperhochlagerung, was die FRC vergrößert, kann das Risiko einer Desaturation nicht komplett verhindert werden. Die sichere Apnoezeit ist immer noch kürzer als die Wirkdauer von Succinylcholin, ein Aufwachen im Fall von einer schwierigen Intubation also nicht möglich (Ramachandran et al., 2010).

Während der Laryngoskopie gelangt normalerweise Umgebungsluft in die Alveolen. In einer Studie von Ramachandran et al. (2010) konnte gezeigt werden, dass selbst mit einer Low-Flow Nasenbrille mit 5l/min Sauerstoff eine Desaturation während der Apnoezeit verzögert werden kann. Es gibt bereits Studien, die das bei gesunden, normalgewichtigen Patienten zeigen konnten, doch auch bei Adipösen lassen sich die Ergebnisse bestätigen. Nasale O₂-Gabe verlängerte deutlich die Zeit bis zur Entsättigung, weil O₂ während der Apnoe in die Alveolen insuffliert. Nach 6 Minuten Apnoezeit hatten noch deutlich mehr Patienten mit nasalem O₂ ein SpO₂ über 95% (Ramachandran et al., 2010). Auch in der Studie von Doyle (2016) die bereits oben erwähnt wurde, konnte das Optiflow® bei adipösen Patienten eine bessere Oxygenation bis zur Intubation und die Rate der Hypoxien bei Risikopatienten vermindert werden (Doyle, 2016).

3.5 THRIVE bei Notfallintubationen

Auf Intensivstationen, in Schockräumen, auf Notfallstationen und präklinisch wird das THRIVE immer öfter bei Notfallintubationen genutzt. In solchen Notfallsituationen ist das Risiko einer Failed Intubation 40 Mal höher als bei Intubationen bei elektiven Eingriffen. Es kommt dabei auch häufiger zu einer Hypoxämie. Ein Drittel aller Patienten entsättigen auf unter 90% und befinden sich zusätzlich in einer Situation, in der sie vulnerabler sind für schwere Hypoxämie und Herzstillstand (Pavlov et al., 2017).

Wie bereits erwähnt, entsteht während der Apnoe in den Alveolen durch die unterschiedliche Aufnahme von O₂ und Abgabe von CO₂ ein negativer Druck. Luft wird aus den oberen Atemwegen in die Lunge gesogen, ohne dass eine Ventilation stattfindet. Voraussetzung hierfür sind offene Atemwege. Es wurde angenommen, dass gerade kranke Patienten mit kollabierten Atemwegen, die pulmonal shunten und eine vergrößerte Diffusionsstrecke haben, nicht von der apnoischen Oxygenation profitieren. In einer Metaanalyse von Pavlov et al. (2017) konnte aber gezeigt werden, dass durch die apnoische Oxygenation eine Hypoxämie bei 30% der kritischen Patienten mit einer Notfallintubation verhindert werden kann. Es zeigte sich, dass bei der apnoischen Oxygenation die Rate erfolgreicher

Intubationen höher war als in der Vergleichsgruppe. Es wird vermutet, dass der Grund dafür sein könnte, dass negative Effekte wie starke Desaturationen oder Aspirationen aufgrund wiederholter Maskenbeatmungen reduziert sind und folglich die Intubation vereinfacht wird (Pavlov et al., 2017).

4 Schlussteil

4.1 Diskussion von Melanie Peyer

Das Optiflow® wird in verschiedensten Bereichen wie der Behandlung von exazerbierten COPD oder Ateminsuffizienz auf der Intensivstation oder IMC erfolgreich eingesetzt (Bräunlich, Wirtz, 2016, p.388-394). In den von uns eingeschlossenen Studien wurde der Einsatz in der Anästhesie, vor allem beim erwartet schwierigen Atemweg, bei Patienten mit einer geringen FRC, bei der Rapid Sequence Induction, die Verwendung bei der fiberoptisch wachen Intubation, Präoxygenation und während der Apnoe untersucht. An der Klinik der Verfasserin wird das Optiflow® in jedem Fachgebiet, jedoch unterschiedlich oft angewendet. Die Option des nasalen High-Flow wird im Airway Check der Klinik aufgeführt. Trotzdem wird es beim erwartet schwierigen Atemweg mit dem Risiko einer Hypoxämie nicht routinemässig verwendet.

In den folgenden Abschnitten wird der Einsatz des Optiflow® in unterschiedlichen Gebieten diskutiert.

Optiflow® zur Präoxygenation

In einer von zwei Studien wurde die Präoxygenation mit Optiflow® als gleichwertig wie jene mit der Maske eingestuft (Lodenus et al., 2018). In der Studie von Heinrich et al. (2014) mit adipösen Patienten war das PaO₂ nach der Präoxygenation mit dem Optiflow® höher als bei der Gruppe, welche mit der Maske präoxygeniert wurden. Falls die Präoxygenation mit dem Optiflow® durchgeführt wird, muss im Unterschied zu der Maske der nasale High-Flow während der Laryngoskopie nicht entfernt werden. Trotzdem ist dieses Verfahren in der Praxis noch nicht etabliert. Da es aber keine signifikanten Unterschiede zu der Präoxygenation mit dem Optiflow® gibt, ist die weiterhin in der Praxis durchgeführte Präoxygenation mit Maske absolut legitim.

Optiflow® bei fiberoptisch wacher Intubation

Bei einer fiberoptisch wachen Intubation ist der Patient in Spontanatmung. Dort kann das Optiflow® ebenfalls eingesetzt werden. Einerseits dient es der Präoxygenation und andererseits zur Atemunterstützung [W001]. Das Optiflow® stört während der Intubation nicht und gemäss Badiger et al. (2015) wird vermutet, dass die Schleimhaut durch den angefeuchteten Sauerstoff vor Verletzungen geschützt ist. Zusätzlich führt es durch den hohen Flow zu einer besseren Verteilung des lokalen Anästhetikums. Da es momentan die einzige Methode ist, um dem Patienten 100% Sauerstoff zu verabreichen, ohne eine Maske zu verwenden, ist es für die fiberoptische Intubation sehr gut geeignet. Da wir keine grosse Auswahl an Studien über die Anwendung des nasalen High-Flow während der fiberoptisch wachen Intubation zur Verfügung hatten, basiert das Wissen nur auf einer ausgewählten Studie. Auch in der Praxis

wird das Optiflow® von Fachkräften meistens für die fiberoptisch wache Intubation verwendet, da die Erfahrungen bisher vorwiegend positiv waren.

Optiflow® bei adipösen Patienten

Die reduzierte FRC bei adipösen Patienten führt in der Apnoe zu einer schnelleren Entsättigung. Eine gute Präoxygenation ist somit unabdingbar. In den meisten Spitälern in der Schweiz wird die Präoxygenation mit Maske durchgeführt. Es konnte aber festgestellt werden, dass die Präoxygenation bei Adipösen mit dem Optiflow® sogar effektiver ist, als jene mit der Maske und somit die Apnoetoleranz verlängert wird (Heinrich et al., 2014). In der Praxis der Verfasserin, wurden Sättigungsabfälle häufig bei Adipösen oder Kindern während der Apnoe erlebt. Der nasale High-Flow kann in der Apnoephase gut belassen werden. Somit profitiert der Patient zusätzlich von der apnoischen Oxygenation, was der entscheidende Vorteil des Optiflow® ist (Gustafsson et al., 2015).

Optiflow® beim erwartet schwierigen Atemweg

Extrem gut geeignet ist das Optiflow® beim erwartet schwierigen Atemweg. Da mit dem nasalen High-Flow eine kontinuierliche Verabreichung von Sauerstoff gewährleistet ist und die Apnoezeit verlängert wird, kann der Stress des Intubierenden vermindert werden (Renda et al., 2018). Weniger Stress führt zu einer ruhigeren Herangehensweise und dies zu schnellerem Erfolg. Die Anwendung des nasalen High-Flow bei erwartet schwierigem Atemweg wurde von Praxisexperten übereinstimmend empfohlen.

Optiflow® bei der Rapid Sequence Induction

Aufgrund der Regurgitation findet während einer Rapid Sequence Induction- Einleitung keine Beatmung mittels Maske statt. Das Optiflow® erzeugt bei einem gewissen Frischgasfluss ebenfalls einen Druck, der jedoch maximal 7cm Wassersäule beträgt. Der minimale Druck von 10cm H₂O kann zu einer Luftinsufflation in den Magen führen. Dies ist gemäss Lodenius et al. (2018) beim Einsatz des Optiflow® bei Rapid Sequence Induction- Einleitungen nicht der Fall. Der nasale High-Flow darf nicht zusammen mit der Maske verwendet werden, da das Risiko einer Aspiration aufgrund eines erhöhten intragastralen Drucks steigt (Doyle, 2016). Der Hersteller gibt keine Auskunft über die Verwendung vom Optiflow® bei der Rapid Sequence Induction [W001]. Die Praxisexperten sind bei der Verwendung von nasalem High-Flow, bei einer Rapid Sequence Induction, vorsichtig und verwenden das Optiflow® kaum, da die Zeit bis zum gesicherten Atemweg so kurz sein müsste, dass keine Entsättigung stattfinden sollte. Die wenigsten verwenden hierbei den herkömmlichen Low-Flow-Sauerstoff über die Nasenbrille.

Optiflow® in der Apnoephase

Das Optiflow® erhöht durch eine Denitrogenation die alveoläre Sauerstoffkonzentration und begünstigt den Partialdruck hingehend zu einer verbesserten Sauerstoffdiffusion während der Apnoezeit. Während der Apnoe ist es physiologisch, dass die Sauerstoffaufnahme höher ist als die Kohlendioxidabgabe. Wenn durch das Optiflow® mehr Sauerstoff angeboten wird, kann die Apnoezeit durch die kontinuierliche Aufnahme von O₂ verlängert werden (Theiler, 2018, p. 9). Theiler (2018) gibt an, dass 10% vom CO₂ abgegeben wird und dies zu einer Erhöhung des Kohlendioxids mit Senkung des arteriellen pH führt. Zusätzlich erwähnt er, dass das CO₂ weniger ansteigt als mit Low-Flow Systemen. In einer Studie von Gustafsson et al. (2015) wird davon gesprochen, dass das PaCO₂ zwar schnell ansteigt, die Zunahme jedoch früher wieder nivelliert. Der Hersteller hingegen gibt an, dass das CO₂ mit dem Optiflow® sogar eliminiert wird [W001]. Ob und wie viel das CO₂ ansteigt war sich die Literatur, beziehungsweise die von uns eingeschlossenen Studien nicht einig. Patel et al. (2015) vermutet, dass die CO₂ Elimination Flow abhängig ist. Ausserdem bringt Optiflow® den Vorteil, dass der Operateur in seiner Arbeit nicht beeinträchtigt wird, da es zu keinen Vibrationen im Larynx kommt (Gustafsson et. al., 2015). Somit optimiert das Optiflow® die Sauerstoffaufnahme während der Apnoezeit, verringert den Anstieg des PaCO₂ und verzögert eine respiratorische Azidose. Jedoch limitiert das steigende PaCO₂ die Apnoezeit, wodurch der Nutzen von Optiflow® begrenzt ist. In einer anderen Studie wurde herausgefunden, dass die Apnoezeit ebenfalls durch den konventionellen Low-Flow-Sauerstoff verlängert wird. Da eine geringe Menge an Sauerstoff während der Laryngoskopie angeboten und aufgenommen wird, was bei der konventionellen Methode nicht der Fall ist (Ramachandran et. al., 2010).

4.1.1 Schlussfolgerungen und Konsequenzen von Melanie Peyer

Durch das Schreiben dieser Diplomarbeit wurde das Wissen der Verfasserin über die Anwendung, die Wirksamkeit und das Einsatzgebiet des nasalen High-Flow erweitert. Das Optiflow® wird erst in wenigen Schweizer Spitälern angewendet, was die Erarbeitung sehr spannend, aber auch sehr herausfordernd machte. In der Literatur wurde über das Gerät sehr wenig verfasst. Aus diesem Grund wurde bei der Wirksamkeit des nasalen High-Flow auf Studien zurückgegriffen. Zusätzlich war die Homepage des Herstellers bei der Handhabung des Optiflow® sehr hilfreich.

Wie aus dem Hauptteil und der Diskussion ersichtlich ist, kann das Optiflow® in sehr vielen Gebieten eingesetzt werden. Aus Sicht der Verfasserin ist für die Anwendung des nasalen High-Flow das Fachwissen über die Handhabung, das mögliche Einsatzgebiet und die Wirksamkeit des Gerätes von zentraler Bedeutung. Der nasale High-Flow wird im Spital der Verfasserin bereits am häufigsten während der fiberoptisch wachen Intubation eingesetzt, was sie als sehr sinnvoll erachtet. Wie oben erwähnt, kommen dort mehrere positive Effekte des Optiflow® zum Zuge. Weiter empfiehlt sie die Anwendung des Optiflow® bei erwartet

schwierigem Atemweg, da dort davon ausgegangen werden muss, dass die Zeit bis zur Intubation länger ist. Da der schwierige Atemweg häufig auch mit einer geringen FRC einhergeht, steigt das Risiko einer Desaturation. Daraus lässt sich ableiten, dass der nasale High-Flow für adipöse Patienten, bei Pneumonie, Lungenödem, restriktiven Lungenerkrankungen und Kinder geeignet ist. Da die FRC aber auch bei Lungengesunden durch die Anästhesie um 20% sinkt, wäre es bei allen Patienten sinnvoll. Der Einsatz des Optiflow® bei jedem Patienten wäre jedoch ein zu grosser Zeitaufwand. Bei einer Rapid Sequence Induction ist der nasale High-Flow insofern empfehlenswert, da dort keine Maskenbeatmung stattfindet und somit die verlängerte Apnoetoleranz ein entscheidender Vorteil ist. Die schnelle Atemwegssicherung bei einer Rapid Sequence Induction können den nasalen High-Flow gemäss Fachexperten überflüssig machen. Da auch hier ein schwieriger Atemweg vorherrschen und die Apnoezeit länger als geplant sein kann, ist die Verfasserin nicht der Meinung der Praxisexperten.

Die Präoxygenation mit Optiflow® zeigte in 50% der eingeschlossenen Studien mehr Vorteile gegenüber der Herkömmlichen. Aus diesem Grund empfiehlt die Verfasserin die Präoxygenation mit Optiflow® vor allem bei Risikogruppen, da der nasale High-Flow während der Laryngoskopie belassen werden kann.

Mit dem Optiflow® wären Eingriffe laut Fachexperten auf der HNO zum Beispiel im Bereich der Stimmbandebene in vollständiger Apnoe möglich. Panendoskopien werden bei Erwachsenen mit einem oralen Tubus durchgeführt. Bei Kinder ist der Tubus zu klein für die Optik und die Beatmung, aufgrund dessen wird dies häufig in Spontanatmung gemacht. Dort wäre das Optiflow® nach der Verfasserin sicher absolut geeignet. Starre Bronchoskopien werden in Maskenbeatmung durchgeführt, wo das Optiflow® versuchsweise ebenfalls eingesetzt werden könnte. Zusätzlich ist mit dem Optiflow® eine bessere Sauerstoffapplikation postoperativ möglich.

Um das Wissen beim Fachpersonal zu erlangen, wären Schulungen ein erster Schritt, um mehr Sicherheit mit dem Gerät zu erlangen. Der zusätzlich wachsende Einsatz des Optiflow® führt automatisch zu einem Verlust der Unsicherheit. Das heisst, der Zugang zu diesem Gerät müsste vor allem in gewissen Fachgebieten einfacher sein. Was wiederum eine Aufstockung der Anzahl Optiflow® mit sich trägt. Eine weitere Massnahme wäre die Sensibilisierung der leitenden Oberärzte sowie Stationsleitungen der Fachgebiete.

Im Ausbildungsspital der Verfasserin wird momentan eine Studie durch einen dort angestellten Arzt durchgeführt. In dieser Studie wird die Wirksamkeit des nasalen High-Flow während der Apnoephase bei Erwachsenen untersucht. Dies zeigt, dass das Thema präsent und in stetiger Weiterentwicklung ist. Da das THRIVE im Ausland bereits häufiger in der Anästhesie eingesetzt wird als in der Schweiz, ist die Verfasserin überzeugt, dass es sich in der Schweiz ebenfalls etablieren wird.

4.2 Diskussion von Nadine Graf

Das THRIVE oder auch Optiflow® ist eine Möglichkeit, um befeuchteten Sauerstoff in einem hohen Flow zu verabreichen. Das bietet zahlreiche Vorteile und kann in vielen unterschiedlichen Settings angewendet werden. Einige dieser Anwendungsbereiche werden in dieser Arbeit erläutert, andere werden nicht genannt, weil es für unsere Arbeit in der Anästhesie nicht von Bedeutung ist, wie zum Beispiel die Anwendung auf einer Intensivstation. Das Optiflow® wird erst seit relativ kurzer Zeit in der Anästhesie verwendet, weshalb die Literatur auf dem aktuellen Stand ist.

Uneinig ist sich die Literatur darüber, wie effizient die Elimination von CO₂ ist. Patel et. al. schreibt in seiner Studie, es komme relativ schnell zu einem CO₂-Anstieg, der die Anwendung durch die drohende Hyperkapnie limitiert. Der Hersteller wiederum schreibt, dass durch die reduzierte Totraumventilation mit weniger CO₂-Rückatmung einer Hyperkapnie vorgebeugt werden kann [W001]. Wie genau die CO₂-Elimination stattfindet und ob diese flowabhängig ist, kann nicht abschliessend gesagt werden und bedarf weiterer Abklärung. Die Studien sind sich allerdings einig, dass der PaCO₂ gut mit dem transkutanen CO₂ korreliert, nicht aber mit dem endtidalen CO₂. Somit ist bei längerdauernder Anwendung des Optiflow® eine transkutane Messung unabdingbar (Gustafsson et. al., 2015). Die in dieser Arbeit bearbeiteten Anwendungsbereiche sind primär überbrückende Massnahmen bis zur Sicherung der Atemwege durch einen Tubus und somit nur von kurzer Dauer. Es stellt sich für die Praxis vielmehr die Frage, wie gross der effektive Nutzen gegenüber den bisherigen Massnahmen ist. Bei einer gewöhnlichen Anästhesieeinleitung wird der Patient nach Standard der Klinik präoxygeniert. Das Optiflow® ist hierbei für das Anästhesiefachpersonal ein Zusatzaufwand, weil es in der Klinik der Verfasserin nicht routinemässig eingesetzt wird. Der Patient hat durch die Präoxygenation bereits den Benefit der verlängerten Apnoezeit, der in den meisten Fällen ausreichend ist. Obschon die verschiedenen Studien in dieser Diplomarbeit deutlich aufzeigen konnten, dass die Sicherheit des Patienten durch das Optiflow® zur Präoxygenation verbessert wird, wird es in der Klinik der Verfasserin eher zurückhaltend eingesetzt. Profitieren können insbesondere adipöse Patienten oder solche mit schwierigem Atemweg, bei denen das Optiflow® bei der Präoxygenation eingesetzt wird, ebenfalls Patienten bei Rapid Sequence Induction- Einleitungen und Notfallintubationen. Der hohe Tragekomfort wird in mehreren Studien genannt, gerade auch im Vergleich mit der Maske, was ich für die Patientenzufriedenheit als sehr wichtig empfinde. Das Optiflow® wird in meiner Klinik am meisten bei fiberoptisch wachen Intubationen angewendet. Hier sind die Vorteile klar ersichtlich (Badiger et. al., 2015). Es gibt keine gute Alternative zur Applikation von O₂ in der Klinik der Verfasserin. Wird das Optiflow® nicht verwendet, wird lediglich mit einer Maske O₂ vorgehalten. Das ist erstens deutlich ineffizienter als das Optiflow® und behindert zweitens das Arbeitsfeld für die Fiberoptik. Somit ist hier der Einsatz optimal.

4.2.1 Schlussfolgerungen und Konsequenzen von Nadine Graf

Diese Diplomarbeit ermöglichte mir einen grossen Wissenszuwachs zu den theoretischen Themen des schwierigen Atemwegs, FRC und Optiflow® mit einem starken Praxisbezug. Besonders von der Verknüpfung der theoretischen Inhalte und den ausgewählten Studien mit der Praxis konnte ich profitieren.

Das Optiflow® bietet viele Vorteile und hat keine Nachteile (Renda et. al., 2018). Das Schwierige für die Indikationsstellung ist, dass es bereits Massnahmen zur verbesserten Apnoetoleranz gibt. Die Präoxygenation mit der Maske ist etabliert und wird standardmässig angewendet. Das ist beim Optiflow® anders – es kommt meist nur auf Wunsch des behandelnden Oberarztes zum Einsatz. Durch das erarbeitete Fachwissen kann ich nun begründen, wann die Nutzung sinnvoll ist. Oftmals wird es bei Patienten genutzt, bei denen mehrere Probleme zusammenkommen, wie zum Beispiel ein Patient mit schwierigem Atemweg, der zusätzlich an morbidem Adipositas leidet. Ich kann nun Patientengruppen identifizieren, für welche das Optiflow® besonders geeignet ist. Das sind adipöse Patienten, solche, die einen schwierigen Atemweg aufweisen, solche mit Notfalleinleitungen, Rapid Sequence Induction- Intubationen und fiberoptisch wachen Intubationen.

In der Praxis fände ich eine Handlungsempfehlung für das Optiflow® sinnvoll. Ich finde nach wie vor, dass das Anästhesiefachpersonal im Team anhand individueller Fähigkeiten und individueller Patientenmerkmale entscheiden soll, wann das Optiflow® angewendet wird und wann nicht. Ich bin aufmerksamer geworden und schlage vermehrt vor, das Optiflow® bei der Einleitung zu verwenden. Neben der Erkennung, welche Patienten vom Optiflow® profitieren, kann ich auch den Nutzen aufzeigen. Alle Patienten weisen bei der Präoxygenation mit dem Optiflow® einen höheren PaO₂ auf, durch den hohen Flow kann PEEP aufgebaut werden, was die FRC erhöht und die Denitrogenation fördert, was alles zu einer verlängerten Apnoezeit führt. Ausserdem besteht mit dem Optiflow® die Möglichkeit der apnoischen Oxygenation. Die Nasenbrille kann problemlos während der Intubation belassen werden und stört den Intubierenden nicht. Bei offenen Atemwegen entsteht nun in den Alveolen ein negativer Druck, so dass O₂ hinein gesogen wird. Da in all diesen Situationen die Anwendungsdauer des Optiflow® nur kurz ist, ist die Gefahr einer Hyperkapnie gering. Der Nutzen des verminderten Risikos einer Hypoxie als Folge der Desaturation ist meiner Meinung nach während der Einleitung deutlich grösser als die Gefahr einer Hyperkapnie. Der hohe Patientenkomfort ist ein weiterer Vorteil.

Damit das Optiflow® in der Institution der Verfasserin mehr zum Einsatz kommt, müsste es mehr Geräte geben. Ich sehe ein grosses Hindernis darin, dass das Gerät meistens von weitem hergeholt werden muss oder es in Gebrauch ist. Dann ist es natürlich einfacher und schneller, es nicht zu verwenden. In den Gesprächen mit Fachpersonen zu meiner Diplomarbeit habe ich gemerkt, dass die meisten positive Erfahrungen mit dem Optiflow®

gemacht haben und es gerne verwenden. Doch auch ihnen fehlt – wie mir vor dem Schreiben dieser Arbeit – fundiertes Fachwissen zur Indikationsstellung und der genauen Wirkungsweise.

Das Optiflow® wird in der Anästhesie erst relativ neu eingesetzt. Die gefundenen Studien sind sehr aktuell und es wird auch in der Klinik der Verfasserin eine Studie zu diesem Thema durchgeführt. Ich denke, dass das Optiflow® seinen Platz in der Anästhesie noch etwas finden muss, aber sich durchsetzen wird und in Zukunft seinen festen Einsatz während Anästhesieeinleitungen haben wird.

4.3 Diskussion von Cristina Glauser

Das Optiflow® ist im klinischen anästhesiologischen Alltag noch immer eine eher wenig angewandte Beatmungsstrategie. In der Literatur aber wird die High-Flow-Oxygentherapie ähnlich gleichgestellt wie die der CPAP (Schäfer et al., 2015, p37-38). Es wird auch beschrieben, dass der Anwendungsbereich des Optiflow® sehr breit ist – von Präoxygenation über apnoeische Oxygenation bis zum Gebrauch bei fiberoptisch wacher Intubation. An der Klinik der Verfasserin wird das Optiflow® vorwiegend in der Hals-Nasen-Ohrenchirurgie angewendet oder bei Sedationen. In den übrigen Kliniken ist der Gebrauch noch sehr zurückhaltend und nur bei erwartet schwierigem Atemweg angewendet.

In der Literatur wird beschrieben, dass bereits eine ausführliche präklinische Untersuchung des Patienten von grosser Bedeutung ist. Es wird abgewogen, ob ein erhöhtes Risiko für die Maskenbeatmung oder die Laryngoskopie besteht (Larsen, 2018, p. 415).

Im anästhesiologischen Alltag an der Klinik der Verfasserin wird die Prämedikation sorgfältig durchgeführt und dokumentiert. So verschafft man sich bereits im Voraus einen ersten Überblick, bevor man den Patienten persönlich untersucht hat. Dadurch können hilfeleistende Materialien frühzeitig bereitgestellt werden, um eine möglichst schnelle und sichere Atemwegssicherung zu erlangen. Das Anästhesieteam erhält Sicherheit und ist für eine cannot-ventilate-cannot-intubate-Situation besser vorbereitet. Die Kenntnisse über den klinikinternen Algorithmus, wonach ein klarer Handlungsablauf erfolgt, dienen als Basis und müssen berücksichtigt werden. Ziel ist es, eine schnellstmögliche Atemwegssicherung zu erlangen (s. Anhang 1). Da das Optiflow® nicht auf jeder Klinik der Verfasserin griffbereit zusammengesetzt ist und oft mit einem weiten Weg verbunden ist, muss die Anwendung frühzeitig diskutiert werden.

Was aber der Verfasserin aufgefallen ist, ist, dass das Optiflow® noch sehr zurückhaltend angewendet wird in der Praxis – mag es an fehlendem Wissen sowie Handling liegen, an einem zu hohen Zeitaufwand bei der Bereitstellung des Gerätes oder an der Tatsache, dass noch nicht jede klinische Einheit über ein eigenes Gerät verfügt. Denn in der Literatur wird beschrieben, dass durch das Wissen des Anästhesisten mit der Anwendung des nasalen High-Flow die Apnoezeit verlängert wird und dadurch eine ruhigere sowie vorsichtiger Intubation stattfindet (Mir et al., 2017). Auch wurde aufgezeigt, dass mithilfe des Optiflow® - Präoxygenation eine geringere Entsättigung entsteht und das Risiko einer Hypoxie minimiert wird (Doyle, 2016). Während der Apnoe findet eine kontinuierliche Oxygenierung der Alveolen statt, wodurch sich die Apnoezeit deutlich verlängert (Sunil et al., 2018). Das Optiflow® bietet sehr viele Vorteile und kaum Nachteile, so sollte dies in der Praxis vermehrt zum Einsatz kommen. Auch nach Gesprächen mit Experten aus der Praxis ist aufgefallen, dass das Optiflow® noch zu wenig etabliert ist. Denn nach Patel et. al 2015 kann mit dem nasalen High-Flow eine Apnoezeit von bis zu 17 Minuten ohne Sättigungsabfall unter 90% erreicht werden. Viele Experten der Anästhesie haben aber Zweifel dem gegenüber oder wollen

frühzeitig einen gesicherten Atemweg. Denn in diesen 17 Minuten könnten Kleineingriffe wie z.B. in der Augenchirurgie, der Gynäkologie oder der Urologie durchgeführt werden, welche bis anhin meistens mithilfe einer LAMA stattfanden.

Im Gegensatz zu der Literatur, ist an der Klinik der Verfasserin die Anwendung des Optiflow® bei einer RSI noch sehr umstritten. Die Literaturrecherche hat aber gezeigt, dass der maximal aufgebaute Druck mit dem Optiflow® bei 7cm H₂O liegt und dadurch die Gefahr einer gastralen Regurgitation sehr klein ist (Lodeni et al., 2018, p.564-571). Aufgrund der sehr schnellen Atemwegssicherung muss der Nutzen dabei abgewogen werden.

Risiken und Komplikationen

Das Optiflow® birgt aber auch einige Risiken. Das Offenhalten des Atemwegs und der damit verbundene Gasaustausch müssen gewährleistet sein. Kranke Patienten mit kollabierten Atemwegen, welche pulmonal shunten und eine verlängerte Diffusionsstrecke des O₂ haben, profitieren nicht von einer apnoischen Oxygenation. Jedoch kann mithilfe des nasalen High-Flow bei Notfallpatienten die Aspiration oder ein SP_O₂-Abfall minimiert werden, was mit einer Maskenbeatmung schwieriger ist (Pavlov et. al.). Deshalb sollte auch in der Klinik der Verfasserin das Optiflow® im Schockraum frühzeitig miteinbezogen werden. Es muss aber darauf geachtet werden, dass der hohe Sauerstofffluss nicht immer angenehm für den Patienten ist und zusätzlich Ängste auslösen kann.

Durch eine nicht vollständig abgedichtete Nasenkanüle oder den geöffneten Mund des Patienten kann kein ausreichender Atemwegsdruck erlangt werden [W001]. So muss das Material vor jeder Benützung zwingend kontrolliert und angepasst werden.

4.3.1 Schlussfolgerungen und Konsequenzen von Cristina Glauser

Durch das Erarbeiten der Thematik konnte die Verfasserin das Fachwissen vertiefen sowie weiterführende Fragen im Bezug mit dem Optiflow® klären. Als anspruchsvoll stellte sich auch die fehlende Praxiserfahrung in verschiedenen Settings dar, welche in der Arbeit thematisiert wurden. So erfolgte bislang keine Anwendung bei der Rapid Sequence Induction, in Notfallsituationen oder zur längeren apnoischen Oxygenierung. Dieses fehlende Wissen sowie die damit verbundenen Unsicherheiten konnten durch die Literaturbearbeitung erarbeitet bzw. eliminiert werden.

Das Atemwegsmanagement gehört zu einer der Kernkompetenzen im Alltag einer Anästhesiefachperson und somit gehört das Optiflow® in der heutigen Zeit auch dazu. Oft wird in der Prämedikation ein erschwerter Atemweg beschrieben, jedoch das Optiflow® nicht einbezogen. Für den Praxistransfer möchte die Verfasserin in Zukunft dieses Airwaytool vermehrt miteinbeziehen und ggf. die Experten darüber aufklären, dass die Anwendung bei einer RSI oder anderen Settings gewährleistet werden kann. Die gewonnen Erkenntnisse ermöglichen einen gezielten Einsatz des nasalen High-Flow im Alltag und durch das Fachwissen wurde eine Basis geschaffen. Denn was in der Literatur beschrieben wird ist, eine

deutlich ruhigere und sicherere Atemwegssicherung im Wissen um die verlängerte Apnoezeit. Genau dieses Wissen kann die Patientensicherheit erhöhen, den Stress minimieren und mögliche Komplikationen verhindern.

Worauf aber zwingend zu achten ist, ist das Offenhalten der Atemwege. Auch muss der Patient informiert und angeleitet werden, um einen korrekten Einsatz und Wirkung zu erzielen. Das Optiflow® wird an der Klinik der Verfasserin noch nicht in allen operativen Bereichen angewendet. So wäre eine weiterführende Investition in dieses Gerät für alle Kliniken als sinnvoll zu erachten. Fachwissen und Erfahrung sind im anästhesiologischen Alltag wichtige Voraussetzungen. Deshalb liegt noch Potential in der Mitarbeiterinstruktion in Form eines Pflegeforums, damit Ängste und Unsicherheiten im Umgang mit dem nasalen High-Flow minimiert werden. Denn wenn das Anästhesiepersonal über den Umgang geschult und vertiefte Kenntnisse über das Gerät verfügt, würde die Anwendung damit optimiert werden. Dies ist somit als mögliche Fehlerquelle zu erachten und könnte durch vorhandenes Fachwissen zu einem sichereren Atemwegsmanagement sowie einer höheren Patientensicherheit führen. Auch wäre eine Handlungsanweisung in Taschenformat für Fachärzte sowie Anästhesiepflegepersonal in Erwägung zu ziehen, damit die nötigen Informationen schnell griffbereit sind. Im klinikinternen Informationssystem würde eine Kurzanleitung über das Gerät für das Anästhesiepersonal sowie Fachärzte vertiefte Hilfe anbieten.

Weiterführend wurde in der Arbeit nichts über die postoperative Anwendung des Optiflow® erwähnt, welche die Verfasserin in der Praxis erlebt hat. So könnten zudem Aspekte der Anwendung des nasalen High-Flow bei einer Ateminsuffizienz verfolgt werden. Dies würde aber nicht mehr im Bereich des Anästhesiepersonals liegen und Thema auf der Intensiv-Notfallstation werden.

4.4 Überprüfung der Fragestellung und Zielsetzung

Das Aufzeigen der Vorteile des Optiflow® war das Ziel der Fragestellung, welche sich die Verfasserinnen dieser Arbeit stellten. Sie wollten den Einsatz während der Präoxygenation und der Apnoezeit bei Patienten mit reduzierter FRC und einem erwartet schwierigen Atemweg erarbeiten.

Die Vorteile des Optiflow® konnten im Hauptteil ausführlich erläutert werden. In den genannten Studien wurde der Effekt des nasalen High-Flow während der Apnoezeit, der fiberoptisch wachen Intubation und der Präoxygenation untersucht. Es wurden Probanden mit einer reduzierten FRC und/oder einem erwartet schwierigen Atemweg miteinbezogen, was eine Bedingung in der Fragestellung darstellt. Durch die Website des Herstellers konnte die Anwendung des Optiflow® erarbeitet und beschrieben werden.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde die vertiefende Physiologie der Atmung veranschaulicht. Weiter wurde der schwierige Atemweg sowie die reduzierte FRC erläutert, was sich als Start in die Thematik sehr gut eignete. Die Definition der Präoxygenation und deren Nutzen wurden aufgeführt, was ein weiteres Ziel der Verfasserinnen war. Die fiberoptisch wache Intubation wurde als separates Thema nochmal näher erläutert, indem das Vorgehen, die Indikation und das Risiko dargestellt wurden. Alle Ergebnisse wurden mit der Praxis verglichen und es konnten Praxisempfehlungen von den Verfasserinnen gemacht werden.

Dank diesen Erkenntnissen hoffen die Verfasserinnen, dass der nasale High-Flow in der Praxis vermehrt angewendet wird und die Arbeit als Hilfsmittel für die Praxis genutzt werden kann.

5 Verzeichnisse

5.1 Literaturverzeichnis

- Badiger, S., John, M., Fearnley R.A. & Ahmad, I. (2015). Optimizing oxygenation and intubation conditions during awake fibre-optic intubation using a high-flow nasal oxygen-delivery system. *British Journal of Anaesthesia*, 115 (4), 629-632. doi:10.1093/bja/aev262
- Dörges, V., Byhahn, C. & Krier, C. (2010). *Atemwegsmanagement (1.Auflage)*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Doyle, A. J. (2016). Preoxygenation and apneic oxygenation using Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange for emergency intubation. *Journal of Critical Care*, 36, 8-12. doi:10.1016/j.jcrc.2016.06.011
- Dridi, L. (2017). *Grundlagen der Atmung und Beatmung: S11: Anästhesie Einstieg in die Fachrichtung. Unterrichtsmaterial, Berner Bildungszentrum Pflege, Bern.*
- Fudickar, A. & Bein, B. (2015). *Anästhesie bei Operationen am Kopf und Hals*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Gustafsson I.M., Lodenius A., Tunelli J., Ullman J. & Fagerlund M.J. (2017) Apnoeic oxygenation in adults under general anaesthesia using transnasal humidified rapid insufflation ventilator exchange (THRIVE)- a physiological study. *British Journal of Anaesthesia*, 118(4), 610-617. doi:10.1093/bja/aex036
- Heard A., Toner A.J., Evans J.R., Palacios A.M.A. & Lauer S. (2017). Apnoeic Oxygenation during prolonged laryngoscopy in obese patients: a randomized, controlled trial of buccal RAE tube oxygenation administration. *International Anesthesia Research Society*, 124/4, 1162-1167. doi:10.1213/ANE.0000000000001564
- Heinrich S., Horbach T., Stubner B., Pröttengeier J., Irouschek A. & Schmidt, J. (2014). Benefits of heated and humidified high flow nasal oxygen for preoxygenation in morbidly obese patients undergoing bariatric surgery: a randomized controlled study. *Journal of Obesity and Bariatrics*, 1(1):7, 1-7.
- Kretz, F.-J., Schäffer, J. & Terboven, T. (2016). *Anästhesie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie (6.Auflage)*. Berlin: Springer Verlag.
- Larsen, R. (2009). *Praxisbuch Anästhesie (1.Auflage)*. München: Urban&Fischer Verlag.
- Larsen, R. (2018). *Anästhesie (11.Auflage)*. München: Elsevier GmbH.

- Larsen, R., Ziegenfuss, T. & Mathes, A. (2018). *Beatmung* (6.Auflage). Berlin: Springer Verlag.
- Larsen, R. & Ziegenfuss T. (2017). *Pocket Guide Beatmung* (2. Auflage). Berlin: Springer Verlag.
- Lodenijs, A., Piehl, J., Östlund, A., Ullman, J. & Jonsson Fagerlund, M. (2017). Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) vs. facemask breathing pre-oxygenation for rapid sequence induction in adults: a prospective randomised non-blinded clinical trial. *Anaesthesia*, 73, 564-571. doi :10.1111/anae.14215
- Mir F., Patel A., Iqbal R., Cecconi M. & Nouraei, S.A.R. (2017). A randomised controlled trial comparing transnasal humidified rapid insufflation ventilator exchange (THRIVE) pre-oxygenation with facemask pre-oxygenation in patients undergoing rapid sequence induction of anaesthesia. *Anaesthesia*, 72, 439-443. doi:10.1111/anae.13799
- Oczenski, W. (2017). *Atmen-Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechnik* (10. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Patel, A. & Nouraei, S.A.R. (2015). Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia*, 70, 323-329. doi:10.111/anae.12923
- Pavlov, I., Medrano, S. & Weingart, S. (2017). Apneic oxygenation reduces the incidence of hypoxemia during emergency intubation: A systemic review and meta-analysis. *American Journal of Emergency Medicine*, 1-6. doi:10.1016/j.ajem.2017.06.029
- Ramachandran, S.K., Cosnowski, A., Shanks, A. & Turner, C.R. (2010). Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in obese patients: a randomized, controlled trial of nasal oxygen administration. *Journal of Clinical Anesthesia*, 22, 164-168. doi:10.1016/j.jclinane.2009.05.006
- Rathgeber, J. (2010). *Grundlagen der maschinellen Beatmung* (2. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Renda, T., Corrado, A., Iskandar, G., Pelaia, G., Abdalla, K. & Navalesi, P. (2018). High-flow nasal oxygen therapy in intensive care and anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 120(1), 18-27. doi:10.1016/j.bja.2017.11.010
- Schäfer, S., Kirsch, F., Scheuermann, G. & Wagner, R. (2015). *Fachpflege Beatmung* (7.Auflage). München: Urban&Fischer Verlag.
- Striebel, H.W. (2014). *Die Anästhesie* (3.Auflage). Stuttgart: Schattauer GmbH.

Sunil, R., Nandhini, J., Pulak, T., Dilesh, K., Jerry, P. & Lakshmi, K. (2018). Effectiveness of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange versus traditional preoxygenation followed by apnoeic oxygenation in delaying desaturation during apnoea :A preliminary study. *Indian Journal of Anaesthesia*, 62(3), 202-207.
doi :10.4103/ija.IJA_717_17

Ullrich, L., Stolecki, D. & Grünewald, M. (2005). *Intensivpflege und Anästhesie* (1. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Wetsch, W.A., Hinkelbein, J. & Spöhr, F. (2014). *Kurzlehrbuch: Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie* (1. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

5.2 Dokumente aus Zeitschriften oder aus dem Internet

Theiler, L. (2018). Keine Beatmung: geht das?: Allgemeinanästhesie ohne Beatmung. Bern: Inselspital. Zugriff am 05.12.2018, auf http://www.anaesthesiologie.insel.ch/fileadmin/Secure/DINA/Anaesthesie/pdf/PDF_WB_Kongresse_Symp/PDF_BAS/Handout_Theiler_Lorenz.pdf

Bräunlich, J. & Wirtz, H. (2016). Nasale High-flow-Therapie der nächste Schritt zur individuellen Atmungsunterstützung?. *Der Pneumologe*, 13(6), 388-394. Zugriff am 07.12.2018, auf <https://link-springer-com.bzpflege.net-bib.ch/article/10.1007%2Fs10405-016-0065-y>

5.3 Webseiten ohne Autorennamen

[W001]: Fisher&Paykel Healthcare-Optiflow. Zugriff am 22.06.2018, auf <https://www.fphcare.com/de/hospital/adult-respiratory/optiflow/>

[W002]: flexible scope intubation for anesthesia. Zugriff am 03.12.2018 auf www.uptodate.com

5.4 Abbildungsverzeichnis

(Abb1) Oczenski, W., *Atemmechanik*, (2017), Atmen – Atemhilfen. p. 29

(Abb2) Larsen, R., Ziegenfuss, T. & Mathes, A., *Lungenvolumina und Lungenkapazitäten*, (2018), *Beatmung*. p. 24

(Abb3) Theiler, L., *Apnoische Oxygenation*, Zugriff am 05.12.2018, auf http://www.anaesthesiologie.insel.ch/fileadmin/Secure/DINA/Anaesthesie/pdf/PDF_WB_Kongresse_Symp/PDF_BAS/Handout_Theiler_Lorenz.pdf

(Abb4) Fisher&Paykel Healthcare, *Optiflow Nasenkanüle*, Zugriff am 06.12.2018, auf <https://www.fphcare.com/de/products/hospital-products/nasal-cannula/>

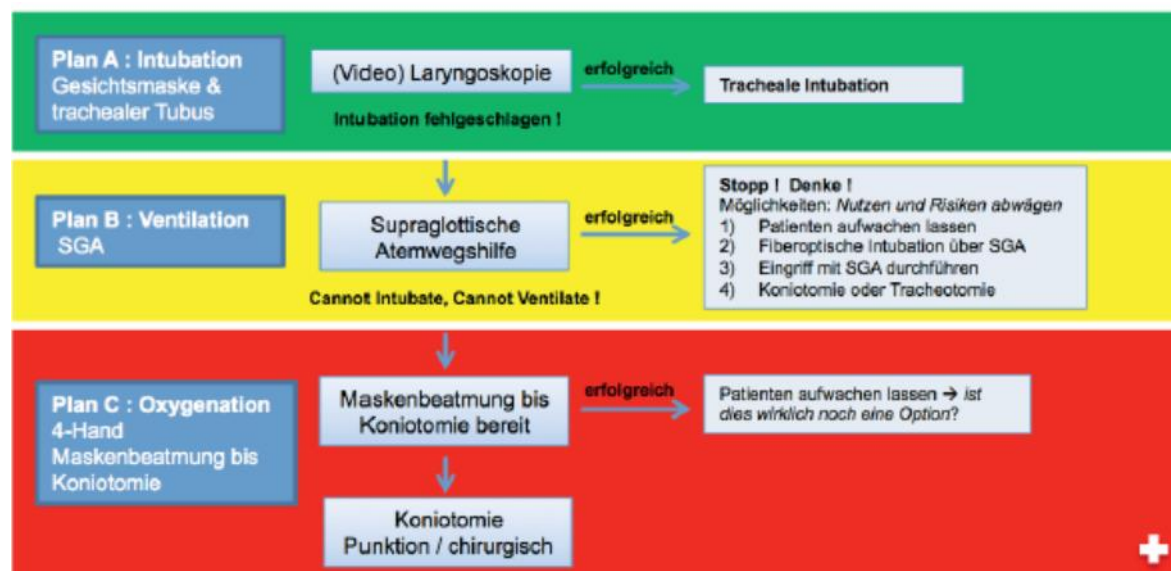
- (Abb5) Fisher&Paykel Healthcare, MR250 manuell befüllbare Befeuchterkammer für Erwachsene, Zugriff am 06.12.2018, auf <https://www.fphcare.com/de/products/hospital-products/chambers/>
- (Abb6) Fisher&Paykel Healthcare, MR 850-Beheizter Atemluftbefeuchter, Zugriff am 06.12.2018, auf <https://www.fphcare.com/de/products/hospital-products/humidification/>
- (Abb7) Fisher&Paykel Healthcare, F&P850-System-Nutzungshinweise, Zugriff am 06.12.2018, auf <https://resources.fphcare.com/resources/corporate/media/resources/resources/international/ui-185042319.pdf>
- (Abb8) Larsen, R., Prädiktoren der schwierigen/unmöglichen Maskenbeatmung, (2018), Anästhesie. p. 415
- (Abb9) Larsen, R., Prädiktoren der schwierigen/unmöglichen direkten Laryngoskopie, (2018), Anästhesie. p. 415

6 Anhang

6.1 Anhang 1

Guideline zum schwierigen Atemweg von der Klinik der Verfasserinnen.

Guideline unerwartet schwieriger Atemweg – Hilfe holen!



Angelehnt an DAS Guidelines 2015, www.das.uk.com