

Anwendung der High Flow Oxygen Therapy auf dem interdisziplinären Notfallzentrum



Diplomarbeit im Rahmen des Nachdiplomstudiums in Notfallpflege an der Aargauischen Fachschule für Anästhesie-, Intensiv- und Notfallpflege (AFSAIN)

Karin Ciapponi

Kantonsspital Baden, Interdisziplinäres Notfallzentrum

Magden, 25. April 2019

Deklaration

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Nachdiplomstudiums an der Aargauischen Fachschule für Anästhesie, Intensiv- und Notfallpflege der beiden Kantonsspitäler Aarau AG und Baden AG verfasst.

Ich bestätige mit meiner Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle ausgedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen sind durch genaue Quellenangaben angegeben. Ich nehme zur Kenntnis, dass im Falle von Plagiaten auf **nicht erfüllt** erkannt werden kann.

Ort + Datum: _____ Unterschrift: _____

Vorwort und Danksagung

Im zweiten Semester meines NDS¹ in Notfallpflege musste ich mir Gedanken über meine Themenwahl für die Diplomarbeit machen. Es fiel mir schwer, meine Interessen auf ein Thema einzugrenzen. Mein Berufsbildner Sebastian Schiffer erzählte mir damals von der geplanten Einführung der highflow Sauerstofftherapie bei uns auf dem Notfall. Ich konnte mir damals noch nicht viel darunter vorstellen. In den darauffolgenden Wochen liess mich dieses Thema aber nicht mehr los und ich fing an, mich vermehrt damit auseinander zu setzen.

Mein erster Dank geht deshalb an Sebastian Schiffer, für den dezenten Tipp zum richtigen Zeitpunkt und die weitere Unterstützung während meiner Diplomarbeit.

Weiter möchte ich mich bei Dr. Fabian Hartmann bedanken. Ich konnte in einem Interview mit ihm noch offene Fragen klären.

Meiner Berufsbildnerin Stephanie Matter möchte ich für die Betreuung während der Diplomarbeit danken, sie war für mich stets eine unkomplizierte Ansprechperson, welche mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ein weiterer Dank geht an Julia Pokorny, für das Ausleihen der Fachliteratur.

Ein grosser Dank an das gesamte Team des interdisziplinären Notfallzentrums, für die Unterstützung, das gute Zureden und Mut machen.

Vielen Dank an Ariane Schmid, die dafür gesorgt hat, dass in meiner Diplomarbeit auch die Rechtschreibung und Grammatik korrekt ist.

¹ Nachdiplomstudium

Zusammenfassung

Dyspnoe ist ein häufiger Einweisungsgrund auf der Notfallstation. Es ist ein Symptom, welches von einer Vielzahl von Krankheiten ausgelöst werden kann. Die Diagnostik und Diagnosestellung benötigt meist Zeit. Zeit, in der sich der Patient² in einer totalen Ausnahmesituation befindet. Dyspnoe ist ein subjektives Gefühl und je nach Ursache, korrelieren objektiv gemessene Werte nicht mit dem subjektiven Empfinden des Patienten. Deshalb muss die Behandlung der Dyspnoe sehr zeitnah beginnen. Je nach Schweregrad reicht eine konventionelle Sauerstofftherapie nicht aus. Häufig wird dann mit der NIV³ begonnen, welche aber von vielen Patienten aus verschiedensten Gründen nicht toleriert wird.

Mit der HFOT⁴ hat man nun eine sehr gute Alternative. Diese Therapie kommt an immer mehr Spitälern zum Einsatz. So auch auf dem interdisziplinären Notfallzentrum des Kantonsspital Badens. Die HFOT ist in der Lage, den Patienten optimal konditioniertes Atemgas mit hohen Flussraten zu verabreichen. Zusätzlich wird es angewärmt und angefeuchtet, was zu einer verbesserten Sekretolyse führt. Der nasopharyngeale Totraum wird durch den hohen Flow geflutet, somit entsteht ein Reservoir mit 100%-Sauerstoff. Das paCO_2 ⁵ wird so besser eliminiert. Zudem ist die HFOT in der Lage, einen positiven endexpiratorischen Druck zu erzeugen, was zum Beispiel Atelektasen verhindern oder auch wiedereröffnen kann. Durch die Möglichkeit einen hohen Flow zu verabreichen, erreicht man eine bessere Belüftung der Alveolen und damit eine bessere Oxygenation.

Die Firma Vapotherm stellt das Gerät Precision Flow her, welches zur HFOT angewendet werden kann. Mit diesem Gerät ist es möglich Flussraten, von bis zu 40L/Min zu verabreichen. Das Gasmischung kann bis auf 37 Grad Celsius angewärmt werden, der FiO_2 ⁶ ist bis 100% einstellbar.

Während der Therapie sollten eine kontinuierliche Kreislaufüberwachung und eine Überwachung des klinischen Zustandes des Patienten gewährleistet sein. Pflegerische Massnahmen wie Patienteninstruktion, atemerleichternde Lagerung, ermöglichen der Nahrungsaufnahme und Sekretmobilisation unterstützen die Therapie und fördern das Wohlbefinden des Patienten.

Die HFOT ist gemäss Studien der NIV nicht unterlegen, es zeigten sich keine erhöhten Intubationsraten im Vergleich zur NIV. Somit ist diese Therapie eine gute Alternative, um Patienten bei respiratorischen Insuffizienzen zu unterstützen.

² Zur Vereinfachung wird jeweils eine Form erwähnt, eingeschlossen sind männliche und weibliche Patienten

³ Nicht invasive Ventilation

⁴ Highflow oxygen therapy

⁵ Arterieller Kohlendioxidpartialdruck

⁶ Inspiratorische Sauerstofffraktion

Inhaltsverzeichnis

Deklaration	2
Vorwort und Danksagung.....	3
Zusammenfassung.....	4
1. Einleitung.....	7
1.1. Begründung der Themenwahl	7
1.2. Persönlicher Bezug	7
1.2.1. Fallbeispiel	7
1.3. Praxisrelevanz.....	8
1.4. Methode des Vorgehens	9
1.5. Aufbau der Arbeit	9
1.6. Fragestellung	9
1.6.1. Leitfragen	9
1.6.2. Kernfrage	10
1.7. Zielsetzungen	10
2. Hauptteil.....	11
2.1. Physiologie der Atmung.....	11
2.1.1. Atemwege	11
2.1.2. Gasaustausch	11
2.1.3. Atemregulation	12
2.1.4. Atemmechanik	12
2.1.5. Druckverhältnisse.....	12
2.1.6. Lungenvolumina	13
2.2. Dyspnoe, psychische Bedeutung für den Patienten.....	14
2.3. Diagnosen bei denen die HFOT von Nutzen sein kann	15
2.3.1. COPD und Lungenemphysem.....	15
2.3.2. Asthma bronchiale.....	16
2.3.3. Pneumonie	16
2.3.4. Lungenembolie.....	16
2.3.5. Lungenödem	17
2.4. Was ist die HFOT?	17
2.4.1. Wirkung am Respirationstrakt.....	18
2.4.2. Indikationen	18
2.4.3. Kontraindikationen.....	19
2.4.4. Abbruch- / Erfolgskriterien	19
2.4.5. Unterschiede in der Therapie bei Hypoxämie und Hyperkapnie	19

2.4.6. Gefahr bei Hyperoxie	20
2.5. Gerät Vapotherm Precision Flow	21
2.5.1. Bestandteile	21
2.5.2. Bedienung	22
2.5.3. Funktionsprinzip	22
2.5.4. Anwendung am Patienten	23
2.5.5. Pflegerische Massnahmen während der Therapie.....	23
2.6. Nicht invasive Ventilation (NIV)	25
2.6.2. Unterschiede zur HFOT.....	25
2.6.3. Wechsel von NIV zur HFOT	26
3. Schlussteil	28
3.1. Fazit	28
3.2. Beantwortung der Fragestellungen.....	28
3.3. Reflexion	30
3.3.1. Schwierigkeiten	30
3.3.2. Konsequenzen für die Arbeit	30
3.3.3. Reflexion des persönlichen Lernprozesses und der eigenen Rolle.....	31
4. Literaturverzeichnis	32
5. Abbildungsverzeichnis	33
6. Anhang.....	34
6.1. Interview.....	34
6.2. Geräteskript Vapotherm Precision Flow	36
6.3. Kurzanleitung Vapotherm Precision Flow	44

1. Einleitung

1.1. Begründung der Themenwahl

Es gibt mehrere Gründe, weshalb ich mich für mein Thema entschieden habe. Die HFOT wird aktuell bei uns auf dem INZ⁷ des KSB⁸ eingeführt. Ich erachte es als spannend mitzuerleben, wie ein gesamtes Team den Umgang mit einem neuen Gerät erlernt. Somit stieg bei mir auch der Wunsch, mit meiner Diplomarbeit, einen wertvollen Beitrag zur Unterstützung meines Teams und auch der nachfolgenden Studierenden zu leisten.

Ein weiterer Grund ist die Tatsache, dass die HFOT eine gute Alternative für Patienten ist, welche eine NIV-Therapie benötigen würden, diese aber nicht tolerieren. Deshalb möchte ich mehr über den Wirkungsmechanismus des HFOT lernen, um genau abgrenzen zu können, wann ich die NIV verwende und wann die HFOT.

1.2. Persönlicher Bezug

Es gibt für mich auch noch einen persönlichen Bezug zu meinem ausgewählten Thema. Ich habe letztes Jahr am eigenen Leib erfahren, wie es ist an akuter Dyspnoe zu leiden. Als ich wegen eines unklaren viralen Infekts zwölf Tage im Spital lag, war ich aufgrund einer Bronchitis mit Pleuraergüssen mehrere Tage sauerstoffpflichtig. Ich erlebte vor allem nachts zeitweise schlimme Phasen von akuter Dyspnoe. Die Angst und Ungewissheit, welche man in diesen Situationen verspürt, verschlechtert die Atemnot zusätzlich. Wie schwierig es ist, dabei ruhig zu bleiben, kann ich sehr gut nachempfinden.

Die Sauerstoffgabe via Nasenbrille war vor allem zu Beginn nicht sehr hilfreich. Meine Nasenschleimhaut war stark gereizt und angeschwollen, weshalb ich kaum durch die Nase atmen konnte. Nach einigen Tagen hatte ich, aufgrund der Austrocknung durch den Sauerstoff, immer wieder Nasenbluten.

Ich kann also nachfühlen, wie es Patienten mit Dyspnoe geht. Die HFOT stellt eine weitere Möglichkeit dar, die Situation der betroffenen Patienten zu verbessern. Allein diese Tatsache macht es lohnenswert, sich vertieft mit der Thematik auseinanderzusetzen. Meine Diplomarbeit bietet den idealen Rahmen für diese Vertiefung.

1.2.1. Fallbeispiel

In einem meiner Frühdienste auf dem INZ betreute ich eine Patientin, welche mit der Ambulanz zu uns zugeführt wurde. Sie litt unter akuter Dyspnoe. Bei dieser Patientin war eine COPD⁹ bekannt. Sie war bereits auf Heimsauerstoff angewiesen und hatte seit dem Vorabend zunehmend Probleme mit der Atmung. Bei Ankunft auf dem INZ zeigte sich eine kachektische Patientin mit deutlicher Tachypnoe und Einsatz der Atemhilfsmuskulatur. Vom Rettungsdienst erhielt sie 8L/Min O₂¹⁰ via Maske mit Reservoir. Wir reduzierten sofort den Sauerstoff auf 4L/Min O₂ und nahmen unter

⁷ Interdisziplinäres Notfallzentrum

⁸ Kantonsspital Baden

⁹ Chronisch obstruktive Lungenerkrankung

¹⁰ Sauerstoff

anderem eine ABGA¹¹ ab. Es zeigt sich eine Globalinsuffizienz mit respiratorischer Azidose. Der paCO₂-Wert betrug 55 mmHg¹². Da wir eine respiratorische Erschöpfung der Patientin verhindern wollten, entschieden wir uns mit der NIV-Therapie zu beginnen. Die Patientin kannte die NIV bereits und äusserte, dass sie sehr grosse Angst davor hätte. Wir konnten sie aber gut beruhigen und so liess sie sich darauf ein. Wir unterstützten sie noch zusätzlich mit Morphin, dies half ihr sich zu beruhigen, da Morphin eine anxiolytische Wirkung hat. Anfangs tolerierte die Patientin die NIV gut, doch je länger sie unter der Maske war, desto unruhiger wurde sie. Auch unsere Beruhigungsversuche halfen nicht mehr. So mussten wir nach 45 Minuten abbrechen. Die ABGA zeigte nun eine deutlich bessere Oxygenation und eine Verbesserung des pH¹³, jedoch stieg das paCO₂ noch minim an. Die Patientin verweigerte nun auch eine weitere NIV-Therapie. Wir diskutierten über weitere Möglichkeiten und entschieden uns, trotz Skepsis seitens des Assistenzarztes, zu einem Versuch mit der HFOT.

Die Patientin willigte nach kurzer Erklärung unsererseits ein und so begannen wir mit einem Flow von 40L/min und einem FiO₂ von 35%. Der Sauerstoff wurde auf 37 Grad Celsius angewärmt. Die Patientin beruhigte sich und zeigte eine deutliche Verbesserung des klinischen Zustandes. Die Atemfrequenz reduzierte sich von initial 40/Min auf 22/Min, sie hielt sich bei einer SpO₂¹⁴ von 95%. Es war eindrücklich zu sehen, wie sich die Patientin entspannte. Nach 60 Minuten HFOT zeigte eine erneute ABGA eine deutliche Verbesserung des pH und des paCO₂, welches bei 44 mmHg lag. Die Oxygenation war gut. Wir konnten die Patientin in deutlich verbessertem, stabilem Zustand auf die Intensivstation verlegen.

Einige Tage später, während meines Praktikums auf der Intensivstation, hatte ich die Gelegenheit mit der Patientin zu sprechen. Es ging ihr bereits wieder sehr gut, sie erholte sich von einem Infekt, welche die Exazerbation ausgelöst hatte. Sie erzählte mir, wie froh sie war, als wir die Therapie auf die HFOT umstellten. Unter der NIV-Maske hatte sie aufgrund des Druckes Panik, die Nasenbrille der HFOT empfand sie hingegen als sehr angenehm.

Diese Situation zeigte mir, was für eine gute Alternative die HFOT zur NIV ist und bestärkte mich in meiner Themenwahl. Ich war nun überzeugt von der guten Wirksamkeit der HFOT und vor allem vom grossen Nutzen für unsere Patienten.

1.3. Praxisrelevanz

Akute Dyspnoe ist ein häufiger Einweisungsgrund auf dem Notfall. Die HFOT kann in einer Vielzahl dieser Fälle eine Option in der Therapie darstellen. Die HFOT wurde ausserdem erst kürzlich bei uns auf dem INZ eingeführt und wird zunehmend genutzt. Deshalb denke ich, dass das Thema eine grosse Praxisrelevanz hat. Es ist eine gute und wirksame Alternative zur NIV-Therapie. Mit der Diplomarbeit kann ich einen Beitrag zur besseren Implementierung auf dem INZ leisten. Das gesamte Team hat so ein Nachschlagewerk, um bei Bedarf Hintergrundinformationen einzuholen. Ich erhoffe mir somit, dass die Pflegequalität der Patienten unter der HFOT professioneller wird.

¹¹ Arterielle Blutgasanalyse

¹² Millimeter-Quecksilbersäule

¹³ Mass für den sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung

¹⁴ Sauerstoffsättigung des Blutes

1.4. Methode des Vorgehens

Die Erarbeitung der Physiologie und Pathophysiologie gelang mir vor allem mit Hilfe von Fachbüchern und Recherchen im Internet.

Mit Hilfe von Literatur über den VapoTherm konnte ich den Geräteteil der Diplomarbeit erarbeiten.

Zur weiteren Recherche zählte auch ein Interview mit Dr. Fabian Hartmann, Oberarzt am INZ des KSB. Zusätzlich versuchte ich via Mailkontakt mit diversen grösseren Notfallstationen herauszufinden, ob die HFOT schon an anderen Spitälern zum Einsatz kommt. Ich erhoffte mir, von den Erfahrungen profitieren zu können.

1.5. Aufbau der Arbeit

Meine Diplomarbeit ist nach den Vorgaben der AFSAIN aufgebaut. In der Einleitung beschreibe ich, wie ich zu meinem Thema gekommen bin und welche Beweggründe es dafür gab. Ausserdem beschreibe ich ein dazu passendes Fallbeispiel. Weiter erläutere ich mein Vorgehen.

Im Hauptteil bearbeite ich zuerst die physiologischen Vorgänge der Atmung, wobei ich einen kurzen Exkurs zur psychischen Bedeutung von Dyspnoe für die Patienten mache. Dabei möchte ich auch kurz darauf eingehen, wie die nicht medikamentösen, pflegerischen Ansätze bei Dyspnoe aussehen könnten. Anschliessend befasse ich mich mit der Pathophysiologie, um eine gute Übersicht über die Krankheitsbilder zu erhalten, bei welchen die HFOT indiziert sein kann.

Danach folgt eine Erläuterung der HFOT im Allgemeinen mit Erklärung der Wirkung am Respirationstrakt, gefolgt von der Bearbeitung des Gerätes der Firma VapoTherm. Die Beschreibung der Funktionsweise des Gerätes werde ich angelehnt an die Struktur der Geräteskripte des KSB bearbeiten. Zum Schluss des Hauptteils befasse ich mich noch mit der NIV, dabei geht es mir vor allem um den Unterschied zur HFOT und wie der Wechsel vom einem zum anderen stattfinden sollte.

Der Schlussteil beinhaltet die Reflexion und die Beantwortung meiner Fragestellungen mit nachfolgendem Fazit. Ausserdem stelle ich im Schlussteil meine Endprodukte vor.

1.6. Fragestellung

Für meine Diplomarbeit habe ich mich lange damit auseinandergesetzt, welche Fragen ich bearbeiten möchte. Mir war unter anderem wichtig auch die pflegerischen Aspekte mit einzubeziehen.

1.6.1. Leitfragen

- ❖ Bei welchen Krankheitsbildern ist die HFOT indiziert?
- ❖ Wie ist der Wirkungsmechanismus der HFOT?
- ❖ Wie wird die HFOT angewendet?
- ❖ Welches sind die wichtigsten pflegerischen Massnahmen während der Anwendung?
- ❖ Wie unterscheidet sich die HFOT zur NIV?

- ❖ Welche Unterschiede in der HFOT gibt es bei Hypoxämie und Hyperkapnie?

1.6.2. Kernfrage

- ❖ Welche Kriterien sind für Patienten mit einer akuten respiratorischen Insuffizienz ausschlaggebend, um von der HFOT zu profitieren damit sich ihre respiratorische Situation verbessert?

1.7. Zielsetzungen

Das übergeordnete Ziel meiner Diplomarbeit ist die intensive Auseinandersetzung mit dem Thema und die Erweiterung meines Wissens diesbezüglich. Auch hinsichtlich der Physiologie und der Pathophysiologie der Atmung soll eine Vertiefung meiner Kenntnisse stattfinden. Alle diese Faktoren sollen dazu beitragen, meine Kern- und Leitfragen zu beantworten.

Ausserdem richtet sich meine Diplomarbeit natürlich auch an die diplomierten Experten-/innen Notfallpflege sowie an die nachfolgenden Studierenden meines Teams. Sie soll dazu dienen, die HFOT und das Gerät der Firma VapoTherm besser verstehen zu können. Die Erarbeitung der wichtigsten pflegerischen Massnahmen soll die Anwendung am Patienten verbessern, um eine optimale Versorgung zu gewährleisten.

Als Endprodukt möchte ich ein Geräteskript erstellen, welches den zukünftigen Studierenden NDS als Vorbereitung auf das Geräteexamen dienen soll. Zudem sehe ich auch die Möglichkeit nach meiner Diplomarbeit das Geräteskript im Informer¹⁵ aufzuschalten.

Ebenso möchte ich ein Kurzanleitung für die Bedienung des VapoTherm Precision Flow entwickeln, welche laminiert ans Gerät angebracht werden kann. So hat man die Möglichkeit, die wichtigsten Infos für die Bedienung direkt bei der Anwendung des Gerätes zur Hand zu haben.

¹⁵ Interne Onlineplattform des KSB

2. Hauptteil

2.1. Physiologie der Atmung

"Die Hauptaufgabe der Lunge besteht im Gasaustausch. In einem komplexen Zusammenspiel mit dem Herz-Kreislaufsystem muss der gesamte Körper mit Sauerstoff versorgt werden und andererseits metabolisch angefallenes Kohlendioxid eliminiert werden." (D. Bösch, 2014, S. 2)

Neben den beiden Lungenflügeln und Atemwegen gehören die Medulla oblongata, welche als Atemzentrum dient, zentrale und chemosensible Strukturen, ein komplexes nervales Netzwerk, sowie der muskuloskeletale Thorax zum eigentlichen Atemapparat. (D. Bösch, 2014)

2.1.1. Atemwege

Die Atemwege werden unterteilt in obere und untere Atemwege. Dabei gehört der Nasenrachenraum, welcher der mechanischen Reinigung, der Anfeuchtung und Anwärmung der Atemluft, sowie der Immunabwehr dient, genauso zu den oberen Atemwegen wie auch der Pharynx, welcher in den Larynx mündet. Der Larynx hat zur Aufgabe die unteren Atemwege zu schützen, ausserdem bildet er auch unsere Stimme (Phonation). Die Grenze zu den unteren Atemwegen bildet die Glottis.

Der Kehlkopf ist der Beginn der unteren Atemwege. Über die Luftröhre setzen sich die unteren Atemwege, nach Aufzweigung in die Bifurcatio tracheae, über die beiden Hauptbronchien in den luftleitenden Bronchialbaum der Lunge fort. Die Trachea sowie die Bronchus principales dexter et sinister sind elastisch und werden durch hufeisenförmige Knorpelspannen offengehalten. Das Bronchialsystem ist mit einer Schleimhaut ausgekleidet, welche Flimmerepithelien und schleimproduzierende Becherzellen enthalten. Das Bronchialsystem verzweigt sich in immer kleiner werdende Atemwege, wobei die Drüsen nach distal zunehmend abnehmen und die muskulären Schichten zunehmen. Das vegetative Nervensystem reguliert die Weite der Bronchien.

Nach mehreren Aufzweigungen endet das Atemwegssystem in den Bronchioli respiratorii, wo auch der Gasaustausch stattfindet. (D. Bösch, 2014)

2.1.2. Gasaustausch

Nach den luftleitenden Atemwegen folgen die gasaustauschenden Anteile der Lunge, welche aus den Bronchioli respiratorii bestehen. Diese gehen in die Ductus alveolares mit den Sacculi alveolares über. Etwa 400 Millionen solcher Lungenbläschen sind traubenförmig angeordnet und machen den Grossteil des Lungenparenchyms aus.

Ausgekleidet werden die Alveolen von zwei verschiedenen Zellarten, den Pneumozyten Typ I, welche auch Deckzellen genannt werden und den Pneumozyten Typ II, welche den Surfactant bilden. Der Surfactant vermindert die Oberflächenspannung der Alveolen. Die einzelnen Alveolen sind durch schmale Septen voneinander getrennt, umzogen sind sie von feinen Kapillaren. Die Diffusionsbarriere zwischen Alveole und Kapillare ist sehr dünn, so können die Atemgase hindurch diffundieren. (D. Bösch, 2014)

Die treibende Kraft für den Gasaustausch von O₂ und CO₂ ist die Partialdruck-Differenz zwischen Luft und Blut. Abhängig ist diese Druckdifferenz sowohl vom Konzentrationsgradienten als auch von der Dicke und Grösse der Poren der Durchtrittsmembran und der Austauschfläche. Weil die Diffusionskapazität für CO₂ zehn Mal grösser ist als für O₂, diffundiert CO₂ auch zehn Mal schneller durch die alveolokapilläre Membran. Die Kontaktzeit zwischen Alveole und Kapillare beträgt etwa 0,75 Sekunden, der Partialdruckausgleich benötigt 0,25 Sekunden. Damit bleibt eine Reservezeit von 0,5 Sekunden für Anstrengung. (K. Sperl, 2017)

2.1.3. Atemregulation

"Die Steuerung der Atmung erfolgt über die Medulla oblongata und über die Pons im zentralen Nervensystem. Die Steuerung der Atmung erfolgt in der Regel autonom, kann jedoch bewusst beeinflusst werden." (K. Sperl, 2017, S. 57)

Die chemische Atemregulation sorgt dafür, dass die Atmung je nach Leistung des Körpers und somit auch des gesamten Organismus angepasst wird. Dabei wird der paCO₂, der pH und der paO₂¹⁶ im Blut erkannt und entsprechend reguliert.

Die zentrale chemosensible Atemregulation reagiert auf das paCO₂ und den pH im Blut und im Liquor. Wie schon oben erwähnt, erfolgt sie in der Medulla oblongata und der Pons, wobei die Medulla oblongata das Automatiezentrum für In- und Expiration darstellt und die Pons als Koordinator fungiert.

Periphere Chemorezeptoren befinden sich in der Aorta und der Arteria Carotis, diese messen den paO₂. Fällt nun der paO₂, wird das Atemzentrum über den Nervus vagus und den Nervus glossopharyngeus stimuliert, die Atemfrequenz erhöht sich, das paO₂ steigt. (K. Sperl, 2017)

2.1.4. Atemmechanik

Die Atemmuskulatur und das Skelett des Thorax bilden eine funktionelle Einheit und sind für eine suffiziente Atemmechanik verantwortlich.

Die Inspiration erfolgt aktiv. Die Rippen drehen sich nach oben, das Sternum bewegt sich nach vorne. Die Atemmuskulatur und das Diaphragma kontrahieren, dadurch senkt sich dieses nach unten. Diese Vorgänge führen zu einer Vergrösserung des intrathorakalen Raumes. Es entsteht ein Unterdruck und damit eine Sogwirkung, durch diese strömt Luft in die Lunge.

Die Expiration ist ein passiver Prozess. Die Atemmuskulatur erschlafft und durch die Elastizität der Lunge zieht sich diese wieder zusammen. Der intrathorakale Raum verkleinert sich, der Druck in den Atemwegen steigt und somit strömt Luft aus der Lunge. (K. Sperl, 2017)

2.1.5. Druckverhältnisse

Für die Funktion der Lunge ist es wichtig, dass die Luft im Alveolarraum ständig erneuert wird, so dass der Gasaustausch konstant betrieben werden kann. Dazu muss die Luft zwischen der Atmosphäre und dem Alveolarraum bewegt werden. Die Luft ist ein Gas, welches sich anhand von Druckdifferenzen bewegt, folglich muss in den

¹⁶ Arterieller Sauerstoffpartialdruck

Lungenalveolen ständig ein Wechsel von Unter- und Überdruck relativ zum atmosphärischen Druck erzeugt werden. Diese Druckdifferenz wird Pulmonaldruck genannt. Während der Inspiration vergrößert sich das Lungeninnenvolumen und somit auch das Alveolarvolumen, was dazu führt, dass der Druck in den Alveolen unter den der Atmosphäre fällt und somit ein negativer Pulmonaldruck herrscht. Dieser negative Pulmonaldruck treibt nun die Luft in die Lunge hinein. (A. Kurtz, 2014)

2.1.6. Lungenvolumina

Es lassen sich verschiedenen Füllungszustände nach In- und Expiration nachweisen. Messen kann man diese verschiedenen Lungenvolumina mittels der Spirometrie. (A. Kurtz, 2014)

Man unterscheidet zwischen folgenden Lungenvolumina:

Totale Lungkapazität (TLC)

Umfasst das Volumen, das sich nach einer maximalen Inspiration insgesamt in der Lunge befindet.

Vitalkapazität (VC)

Umfasst das Volumen, das nach maximaler Einatmung durch grösst mögliche Anstrengung wieder ausgeatmet werden kann.

Inspiratorische Kapazität (IC)

Umfasst das Volumen, das aus Atemruhelage maximal eingeatmet werden kann.

Inspiratorisches Reservevolumen (IRV)

Umfasst das Volumen, das nach normaler Inspiration noch zusätzlich eingeatmet werden kann.

Tidal Volumen (TV)

Ist das Atemzugsvolumen in Ruhe.

Expiratorisches Reservevolumen (ERV)

Umfasst das Volumen, das nach einer normalen Expiration noch zusätzlich ausgeatmet werden kann.

Funktionelle Residualkapazität (FRC)

Umfasst das Volumen, das sich nach einer normalen Expiration noch in der Lunge befindet

Residualvolumen (RV)

Volumen, das sich nach einer maximalen Expiration noch in der Lunge befindet, dieses kann nicht ausgeatmet werden.

(K. Sperl, 2017)

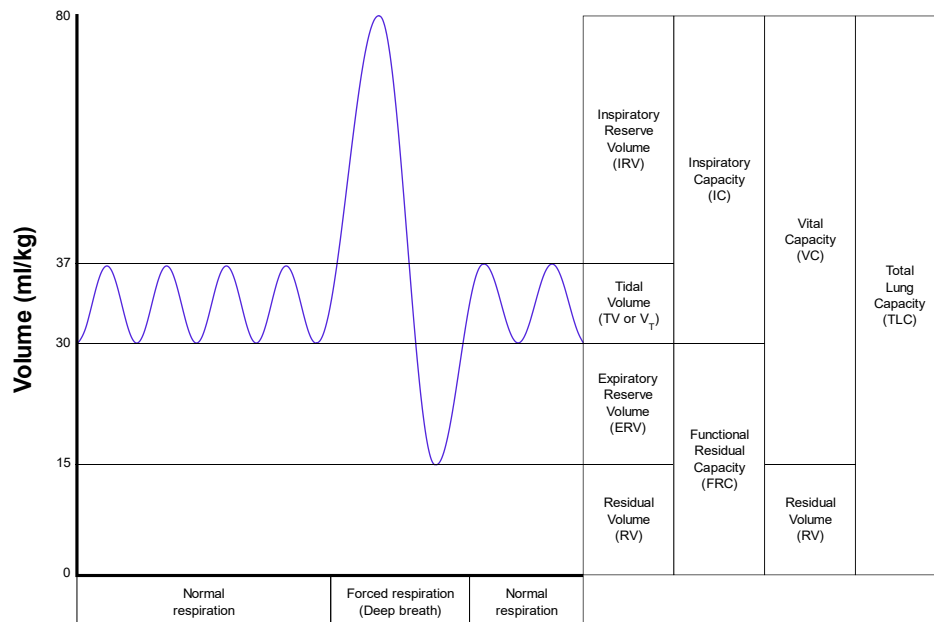


Abbildung 1

2.2. Dyspnoe, psychische Bedeutung für den Patienten

"Dyspnoe ist charakterisiert als subjektive Erfahrung von Atembeschwerden aufgrund vermehrter Atemarbeit, deren Qualität und Intensität jeder Patient unterschiedlich wahrnimmt." (G. Iberl, 2017, S.157)

Ich erlebe es im Praxisalltag oft, dass die Atemnot durch Gefühle wie Angst bis hin zur Panik verstärkt werden. Diese Gefühle verschlimmern die Atemnot zusätzlich, da sie häufig in Verbindung mit Tachypnoe und oberflächlicher Atmung auftreten. Es herrscht also eine Art circulus vitiosus, denn die Dyspnoe verstärkt das psychische Empfinden. Diese Gefühle verstärken wiederum die Dyspnoe. Kommt es zu einer ausgeprägten Panikattacke, erlebe ich die Patienten häufig als sehr angetrieben und unruhig, was die Dyspnoe erneut verstärkt.

"Ähnlich wie Schmerz ist Atemnot eine komplexe Empfindung. Die körperlichen und physiologischen Signale werden vom limbischen System emotional bewertet. Das limbische System entspricht keiner anatomischen, sondern einer funktionellen Einheit von Gehirnstrukturen, die Emotionen, Antrieb, Erinnerungen und Lernen verarbeiten." (G. Iberl, 2017, S.157)

Pflegefachpersonen sollten ihre Patienten auch in der Auseinandersetzung mit der Angst während der Dyspnoe unterstützen. Sich der Angst stellen, kann die Angst reduzieren und das Akzeptieren, dass sie da ist, hilft einen ersten Schritt in Richtung Bewältigung zu machen. (J. Bühlmann, 2004)

Mit folgenden Verhaltensstrategien kann man Patienten, welche unter starken Angstgefühlen während der Dyspnoe leiden, unterstützen:

Voraussagen machen: Zusicherung geben, dass die betroffene Person sicherer ist, als sie im Moment meint. Optimistische, sicherheitsorientierte Informationen geben (zum Beispiel: es wird ihnen nachher besser gehen.)

Unterstützung geben: Unterstützen und umsorgen, vermitteln von verbaler oder averbaler Nähe, Anteil nehmen.

Selbstkontrolle des Patienten fördern: Anleitung geben zur Entspannung. (Während Dyspnoe zum Beispiel: Anleitung von Atemtechniken)

Ablenkung: Von der Situation ablenken, das Problem bleibt zwar bestehen, die Patienten erhalten aber die Gelegenheit etwas Distanz zur Angst aufzunehmen.

Direktes Tun: Ermuntern zum Erledigen von Sachen, welche volle Konzentration erfordern. (Während Dyspnoe zum Beispiel: Konzentration während der Inhalation, Achten auf richtiges Atmen)

(K. Teasdale, 1995)

2.3. Diagnosen bei denen die HFOT von Nutzen sein kann

Die HFOT kann bei den verschiedensten Krankheitsbildern, welche mit Dyspnoe einhergehen, angewendet werden. Sie kann bei reinen Oxygenierungsstörungen angewendet werden, genauso aber auch bei obstruktiven Krankheiten.

Zu den hyperkapnischen akuten respiratorischen Insuffizienzen gehören die COPD und das Lungenemphysem, sowie auch das Asthma bronchiale.

Hypoxämische respiratorische Insuffizienzen sind Krankheitsbilder wie Pneumonie, Lungenembolie und Lungenödem.

In den nachfolgenden Kapiteln werden diese Krankheitsbilder näher beschrieben.

2.3.1. COPD und Lungenemphysem

"Die COPD ist eine chronisch fortschreitende Erkrankung der Atemwege, die in ihrem Verlauf die Lunge zerstört." (M. Schellenberg, 2017, S. 41)

Hauptursache ist das Rauchen von Nikotin, ebenso auch das Passivrauchen. Weiter können organische Stäube (Holz, Getreide, u.a.¹⁷), das Verbrennen von Biomasse (Biokraftstoffe) oder auch Infektionen exogene Ursachen für die Krankheit sein. Selten können auch endogene Ursachen eine COPD auslösen. Bekannt als Auslöser ist zum Beispiel der Alpha1-Antitrypsinmangel, eine Stoffwechselerkrankung.

Bei der COPD reizen giftige Stoffe aus der Aussenwelt, welche mit der Lunge in Kontakt kommen, die empfindliche Schleimhaut der Atemwege und lösen damit über Mediatoren Entzündungsreaktionen aus. Es entsteht eine Bronchitis. Wird die Lunge nun weiter den Reizstoffen ausgesetzt, verselbständigt sich die Entzündung. Es kommt zu einer Zunahme der Sekretproduktion, einer Hypertrophie der glatten Muskulatur der Bronchien, was eine Obstruktion der Atemwege zur Folge hat. Zusätzlich wird das Flimmerepithel geschädigt, was zum Verlust der Reinigungsfunktion und Reduktion des Schleimtransport führt. (M. Schellenberg, 2017)

Durch die erhöhten Atemwegswiderstände und die daraus resultierende reduzierte verlängerte Ausatmung kommt es zu einer ungenügenden Luftentleerung der Lunge, was einen Anstieg der FRC¹⁸ zur Folge hat, was wiederum zur Hypoxie führt, da die verbleibende Luft nur begrenzt mit O₂ aufgefüllt werden kann. (S. Schiffer, 2012).

¹⁷ und andere

¹⁸ Funktionelle Residualkapazität

Die andauernde Entzündung kann bei einem Teil der Patienten (ca.¹⁹ 10%) auf das Parenchym übergreifen. Dabei werden die Alveolen zerstört, es kommt zu einem "Air Trapping", das heisst die Luft wird eingeatmet, kann aber nicht mehr vollständig ausgeatmet werden. (M. Schellenberg, 2017)

"Die fortschreitende Obstruktion der Bronchien und Zerstörung der Lungenbläschen führt im Verlauf zu einer verminderten Sauerstoffaufnahme (Hypoxämie) und später, durch Erschöpfung der Atempumpe, zu einer verschlechterten Kohlendioxidabgabe (Hyperkapnie)." (M. Schellenberg, 2017, S. 42)

Die symptomatische Trias der COPD umfasst die Symptome Dyspnoe, Husten und Auswurf. (M. Schellenberg, 2017)

2.3.2. Asthma bronchiale

Asthma bronchiale zählt zu den entzündlichen Erkrankungen der Atemwege, wobei es zu einer anfallsartig auftretenden Obstruktion kommt. Der Kontakt zu äusseren Umwelteinflüssen und Reizen führt bei Asthmatikern zu einer Sensibilisierung der Schleimhäute, wobei eine bronchiale Hyperreagibilität entsteht. Die Bronchien haben also eine gesteigerte Bereitschaft auf Umweltreize zu reagieren. Die Gründe sind noch nicht vollständig geklärt, Risikofaktoren sind Allergien oder häufige Infekte in der Kindheit.

Asthmaanfälle äussern sich in anfallsartiger Dyspnoe und Engegefühl, begleitet von Giemen, Pfeifen, Husten und teilweise auch Auswurf. Durch die Verengung der Bronchien können diese kollabieren, die Ausatmung ist erschwert und verlängert. (M. Schellenberg, 2017)

2.3.3. Pneumonie

"Die Pneumonie ist eine Entzündung des Lungengewebes und zeigt neben klinischen Krankheitssymptomen immer auch radiologische Auffälligkeiten." (M. Schellenberg, 2017, S. 45)

Dabei kommt es durch die entzündlichen Prozesse zu einer kritischen Verminderung der pulmonalen Gasaustauschfläche. Dies führt zu einem Verlust an funktionierenden Alveolen, was eine Verminderung der FRC zur Folge hat. Auch die Diffusionsstrecke ist bei der Pneumonie verlängert. (S. Schiffer, 2012)

Patienten mit einer Pneumonie zeigen Symptome wie Husten, oft Auswurf, Fieber, Dyspnoe und auch Thoraxschmerzen, welche aufgrund einer begleitenden Pleuritis auftreten können. Eine Pneumonie kann als Komplikation in einer Sepsis enden, die mit einer hohen Letalität einhergeht. (M. Schellenberg, 2017)

2.3.4. Lungenembolie

Bei der Lungenembolie kommt es zu einem Verschluss der Lungenarterien durch einen Thrombus und dadurch zu einer Minderdurchblutung des Lungengewebes. Das Gebiet welches poststenotisch liegt wird nicht mehr perfundiert und somit kann auch

¹⁹ circa

kein Gasaustausch stattfinden. Je zentraler der Thrombus liegt, desto schwerwiegender die Embolie.

Ursache ist meist eine periphere Thrombose, zum Beispiel aus tiefen Unterschenkelvenen, welche dann über das Herz in die Lunge einschwemmen.

Die Symptomatik variiert stark nach Schweregrad der Lungenembolie. Dyspnoe, Thoraxschmerzen oder Druckgefühl bis hin zu akuten Schockzuständen und Tod sind möglich. Kleine periphere Segmentembolien können auch komplett unbemerkt bleiben. (M. Schellenberg, 2017)

2.3.5. Lungenödem

Beim Lungenödem tritt Flüssigkeit in die Alveolen und ins Interstitium über. Die Ventilation ist gestört und der Gasaustausch ist aufgrund der verlängerten Diffusionsstrecke eingeschränkt. Zusätzlich nimmt die Compliance der Lunge ab. (M. Schellenberg, 2017)

Durch den Verlust an funktionierenden Alveolen kommt es zu einer verminderten FRC. (S. Schiffer, 2012)

Ursächlich liegen oft kardiale Erkrankungen vor, wobei durch den Anstieg des hydrostatischen Druckes im Gefäßsystem die Flüssigkeit aus den Gefäßen gepresst wird.

Auch zu beachten ist das Permeabilitätsödem, welches durch diffuse Schädigung von Kapillarmembranen ausgelöst wird. Ursachen können sowohl inhalative Toxine als auch allergische Reaktionen sein. Ausserdem kann durch medikamentöse oder drogenassoziierte Auslöser ein Permeabilitätsödem entstehen. Auch Infektionen oder eine Sepsis können ein Permeabilitätsödem auslösen, welches dann bis hin zum ARDS²⁰ führen kann. (M. Schellenberg, 2017)

2.4. Was ist die HFOT?

Bei der HFOT wird Sauerstoff mit hohem Flow über eine spezielle Nasenbrille verabreicht. Der nasopharyngeale Totraum wird eliminiert und es findet eine erhöhte CO₂-Auswaschung, eine verbesserte alveoläre Belüftung sowie Oxygenation statt.

Bei der HFOT entsteht, abhängig vom Flow, ein positiver Atemwegsdruck, der am Ende der Expiration am grössten ist.

Durch die HFOT wird der inspiratorische nasopharyngeale Widerstand reduziert, was zu einer Annäherung oder Überschreitung des inspiratorischen Peakflow des Patienten führt und somit die Atemarbeit erleichtert. (Hamilton Medical AG, 2018)

Die HFOT ist in Bezug auf die Intubationsrate bei Notfallpatienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz der NIV nicht unterlegen. Es zeigte sich in Studien, dass das Intubationsrisiko mit der Anwendung der HFOT nicht stieg. (P. Doshi u.a. 2018)

²⁰ Acute respiratory distress syndrome

2.4.1. Wirkung am Respirationstrakt

Mit Hilfe der hohen Flussrate sowie der Anwärmung und Befeuchtung des Sauerstoffs kann die HFOT die Atemeffizienz bei den verschiedensten Erkrankungen verbessern.

Durch den hohen Flow, welcher über den Bedürfnissen des Patienten liegt, kommt es zu einer Auswaschung des nasopharyngealen Totraums. Dadurch entsteht eine höhere Konzentration an alveolären Gasen. Die HFOT sorgt also nicht nur für eine reine Oxygenierung, sie ist auch in der Lage CO₂ zu eliminieren.

Die Oxygenierung wird verbessert indem der nasopharyngeale Totraum als Reservoir genutzt wird. Dabei entsteht eine höhere alveoläre O₂-Konzentration.

Durch die Dehnbarkeit der Nasenschleimhaut entsteht bei der Inspiration ein grösserer Widerstand als bei der Expiration. Der Durchfluss, welcher aufgrund des hohen Flows entsteht, übertrifft den physiologischen Durchfluss des Patienten. Dadurch verringert sich der Widerstand und somit auch die Atemarbeit.

Physiologisch reagieren Rezeptoren in der Nasenschleimhaut auf kaltes und trockenes Gas mit einer Bronchokonstriktion, dies dient als Schutzfunktion. Da der Sauerstoff bei der HFOT auf 37 Grad angewärmt und zusätzlich angefeuchtet wird, umgeht man diese Schutzfunktion und erleichtert so die In- und Expiration.

Durch den erhöhten Druck aufgrund des Flows, entsteht ein PEEP²¹. Dieser Druck lässt sich bei der HFOT nur schlecht berechnen, da im Gegensatz zur Maskentherapie bei der NIV, keine Abdichtung zur Atmosphäre erreicht wird. Schon allein bei der Öffnung des Mundes geht ein Teil dieses Druckes verloren. Trotzdem kann dieser PEEP helfen, die unteren Atemwege offen zu halten und somit die Expiration zu erleichtern. Dies führt zu einer besseren Abatmung des CO₂. Ausserdem kann der PEEP Atelektase-Bildung und "Air Trapping" minimieren. (T. Miller, n.d.)

2.4.2. Indikationen

Die HFOT kann grundsätzlich bei hyperkapnischer akuter respiratorischer Insuffizienz und bei hypoxämischer akuter respiratorischer Insuffizienz angewendet werden. Die einzelnen Krankheitsbilder, bei denen die Therapie zur Anwendung kommt, sind in Kapitel 2.3. beschrieben. Zu erwähnen ist, dass bei Pneumonie und Lungenembolie die HFOT kein Einfluss auf die Behebung der Ursache hat. Sie kann aber als wichtige adjuvante Massnahme zur medikamentösen Therapie angesehen werden.

Auf dem INZ des KSB verwenden wir die HFOT als Alternative zur NIV, wenn diese von den Patienten nicht toleriert wird, wenn eine relevante Rechtsherzbelastung unter NIV auftritt oder wenn es sich um reine Oxygenationsstörungen, wie zum Beispiel Pneumonie oder Lungenembolie handelt.

Grundvoraussetzungen für die HFOT sind ein wacher spontan atmender Patient, der die Atemwege selbst offenhalten kann. Vor Beginn mit der HFOT sollte, wie auch bei der NIV, ein Pneumothorax mittels Sono oder Röntgen-Kontrolle ausgeschlossen worden sein. (F. Hartmann, 2018)

Die Indikation zur Verwendung der HFOT sollte gut überlegt werden, sind doch die Materialkosten für ein Einwegpatientensystem des auf dem INZ gebräuchlichen Gerätes Precision Flow von Vapotherm vier Mal höher als für das Material der NIV.

²¹ Positiver endexpiratorischer Druck

Der Vorteil ist jedoch, dass das Material der HFOT bei Verlegung auf die IMC²² oder IDIS²³ mitgegeben werden kann, da diese Stationen das gleiche Gerät verwenden. (F. Hartmann, 2019)

2.4.3. Kontraindikationen

Die Kontraindikationen für die HFOT sind im KSB gleich wie bei der NIV. Sie werden unterteilt in absolute und relative Kontraindikationen.

Absolut:

Status epilepticus, schweres Schädel-Hirntrauma, intrazerebrale Blutungen, kardiogener Schock, Atem- oder Kreislaufstillstand, erhöhte Gefahr der Regurgitation und Aspiration (Schluckstörungen, Ileus, gastrointestinale Blutungen), fixierte oder funktionelle Verlegung der oberen Atemwege, undrainierter Pneumothorax

Relativ:

Koma, mangelnde Kooperationsbereitschaft oder nicht beherrschbarer Verwirrheitszustand, hämodynamische Instabilität, insuffiziente Spontanatmung und undrainierte grosse Pleuraergüsse
(F. Hartmann, 2018)

2.4.4. Abbruch- / Erfolgskriterien

In der untenstehenden Tabelle sind die Abbruch- und Erfolgskriterien aufgelistet. Wichtig ist vor allem eine kontinuierliche Überwachung des klinischen Zustands. Vermeiden sollte man eine sture Sicht auf die Vitalzeichen und ABGA-Werte.

Erfolgskriterien	Abbruchkriterien
Zunahme der alveolären Ventilation	SpO ₂ <85% trotz FiO ₂ >0,5
paCO ₂ nimmt ab	Anstieg paCO ₂ , weiterer Abfall des pH
pH verbessert sich	Schwere Kooperationsprobleme
Zunahme der Oxygenierung	GCS ²⁴ -Abfall um ≥2 Punkte
Abnahme der Atemfrequenz	Nicht beherrschbare Aerophagie
Subjektive Besserung	Aspiration

(F. Hartmann, 2018)

2.4.5. Unterschiede in der Therapie bei Hypoxämie und Hyperkapnie

Der Unterschied in den Einstellungen liegt bei der Wahl des FiO₂. Bei beiden Voraussetzungen wärmt man den O₂ auf 37 Grad an und beginnt mit einem Flow von 40L/min. Den FiO₂ stellt man bei der der Hypoxämie auf 100% ein, bei der Hyperkapnie wählt man einen deutlich niedrigeren FiO₂, nämlich 35%. (F. Hartmann, 2018)

²² Intermediate care unit

²³ Interdisziplinäre Intensivstation

²⁴ Glasgow coma scale

Ist ein Patient hypoxäm, benötigt er einen hohen FiO_2 , um die alveoläre Konzentration an O_2 zu erhöhen. Dadurch kann mehr O_2 durch die alveolokapilläre Membran diffundieren. Der hohe Flow bewirkt, wie schon erwähnt, eine Elimination des nasopharyngealen Totraums, wodurch sich ein Reservoir mit nahezu 100% O_2 bildet.

Bei hyperkapnischen Patienten benötigt man einen niedrigeren FiO_2 , da das Problem in der zu hohen Konzentration an CO_2 liegt. Diese Patienten profitieren vor allem vom hohen Flow, da dieser eine Auswaschung des CO_2 im nasopharyngealen Totraum bewirkt. Ausserdem führt der durch die HFOT entstandene PEEP zu einer erleichterten Expiration, was wiederum das Abatmen des CO_2 begünstigt. (T. Miller, n.d.)

Ausserdem kann man bei der Hyperkapnie durch einen tieferen FiO_2 das Auftreten einer CO_2 -Narkose verhindern. Da bei COPD-Patienten der Atemantrieb über das paO_2 und nicht wie beim gesunden Patienten über das paCO_2 gesteuert wird, besteht bei hohen Sauerstoffkonzentrationen die Gefahr der Atemdepression mit folgendem Anstieg des paCO_2 . (D. Bösch, 2014)

2.4.6. Gefahr bei Hyperoxie

Die Verabreichung von hohen Sauerstoffkonzentrationen stellt eine wichtige therapeutische Massnahme bei Patienten mit Hypoxämie dar. Gerade wenn die aktuellen Blutgaswerte noch nicht vorhanden sind, verabreicht man aufgrund der drohenden Hypoxämie den Sauerstoff mit einem hohen FiO_2 . (Hamilton Medical AG, n.d.)

Dabei kommt es durch vermehrte freie Sauerstoffradikale, insbesondere in Verbindung mit zusätzlichen Faktoren, wie zum Beispiel einer Infektsituation, zu einer Zellschädigung, die in einer Apoptose (Zelltod) oder Nekrose münden kann. Durch den Zelltod werden Mediatoren freigesetzt, die wiederum zusammen mit freien Sauerstoffradikalen zu weiteren Zellschädigungen führen. (Grensemann u.a., 2018)

Die Hyperoxie ruft einen oxidativen Stress im Körper hervor, welcher eine Hemmung der Glykolyse, eine Senkung des Herzzeitvolumens und eine verminderte Durchblutung der Niere und des Gehirns zu Folge hat. Klinisch treten durch Reizung der Atemwege Husten und Schmerzen auf. Ausserdem führen oxidative Schädigungen der Alveolarepithelien zu Permeabilitätssteigerung mit Entwicklung eines Lungenödems. Auch eine Inaktivierung des Surfactant ist möglich, was zu einer Steigerung der Oberflächenspannung der Alveolen führt. Die Folge ist ein vermehrtes Auftreten von Atelektasen.

Eine Hyperoxie kann in erster Linie durch regelmässige Kontrollen der Blutgaswerte mittels ABGA vermieden werden. Die Sauerstoffgabe sollte regelmässig evaluiert werden. (F. Lang, 2017)

B. Folgen von Hyperoxie

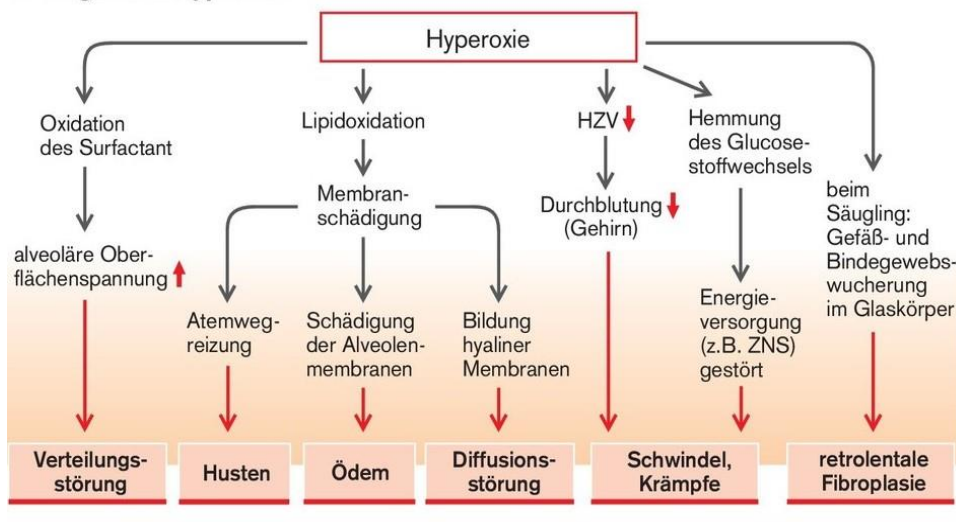


Abbildung 2

2.5. Gerät Vapotherm Precision Flow

Der Vapotherm Precision Flow ermöglicht es, den Patienten in seiner Atmung zu unterstützen, so dass die Atemfrequenz und Atemarbeit reduziert wird und eine bessere Sekretolyse stattfindet. Das speziell für die HFOT entwickelte und zugelassene System führt dem Patienten kontinuierlich präzise konditioniertes Gas zu, wodurch die Therapiewirksamkeit und der Patientenkomfort optimiert wird. (Vapotherm, Inc. n.d.)

2.5.1. Bestandteile

Einwegwasserpfad:

Er umfasst ein Wasserreservoir, eine Pumpe, Anschlüsse für die Patrone, den Verabreichungsschlauch und Sensorschnittstellen zur Haupteinheit. Wasser wird an einer Heizplatte vorbei über die äusseren Lumen des Verabreichungsschlauchs gepumpt. Das zurückfliessende Wasser passiert die äussere Hülle der speziell gestalteten Dampfübertragungspatrone, in der ein Teil des Wassers als Dampf zum Gasstrom verloren geht. Es gibt keinen direkten Kontakt zwischen dem Wasser- und dem Gasdurchfluss. Das Wasser kehrt dann zurück zum Pumpenreservoir. Die Heizleistung wird kontinuierlich angepasst, um die festgelegte Temperatur beizubehalten. Wasser fließt aus dem Wasserbeutel in den Kreislauf, um die Verdampfungsverluste in der Dampfübertragungspatrone zu ersetzen. Luft wird über eine hydrophobische Filtermembran aus der Zirkulation in die Atmosphäre entlassen. (Vapotherm, 2009)

Befeuchtungskartusche:

In der Patrone passiert das gemischte Gas die Lumen von Hunderten paralleler Hohlfasern aus einem speziell entwickelten Polymer. Warmes Wasser zirkuliert um die Fasern und diffundiert als Dampf durch das Fasermaterial in den Gasstrom, wobei es durch jede Faser strömt. Es gibt keinen direkten Kontakt zwischen dem Wasser und

den Gasströmen. Der Gasstrom ist beim Verlassen der Patrone mit Dampf gesättigt, der die gewünschte Temperatur hat. (VapoTherm, 2009)

Patientenschlauch:

Das erwärmte befeuchtete Gas durchläuft die Mitte eines erwärmten dreilumigen Verabreichungsschlauchs. Das mittlere Lumen ist umgeben von zwei äusseren Lumen mit darin zirkulierendem erwärmtem Wasser, das die Temperatur des inneren Lumens aufrechterhält. (VapoTherm, 2009)

Nasenbrille:

Eine eigens für das Gerät hergestellte, kurze Nasenkanüle wird am Ende des Verabreichungsschlauchs angeschlossen und transportiert das befeuchtete Atemgas in die Nasenlöcher des Patienten. (VapoTherm, 2009)

Haupteinheit:

Die Haupteinheit enthält alle elektrischen und elektronischen Komponenten. Dazu gehören der elektronische Mischer und die Durchflusssteuerungen, sowie die Sensoren für die Überwachung des Einwegwasserpfad. Die Haupteinheit hat keine Wasserpfade und der Gaspfad enthält nur Trockengas und muss daher innen weder gesäubert noch desinfiziert werden. Der Durchfluss von Sauerstoff und Luft wird durch Massendurchflusssensoren gemessen. Die Betriebssoftware berechnet den jeweiligen erforderlichen Durchfluss, der zum Erreichen des Zieldurchflusses und des Sauerstoffanteils erforderlich ist. Das System steuert den Gasdurchfluss entsprechend, indem proportional Magnetventile für die Gasleitungen angepasst werden. Ein Sauerstoffsensor überwacht das Gasgemisch und zeigt Abweichungen zwischen Ziel- und gemessenem Anteil an. Der Sauerstoffsensor wird automatisch beim Einschalten und alle 24 Stunden mit Sauerstoff kalibriert. Die Software, die auf der Haupteinheit ausgeführt wird, verwendet Sensoren zum Überwachen des Gasdrucks und der Wassertemperatur sowie zum Erkennen von Luftaustritten in den Wasserkreislauf mittels Blasendetektor. Alarme werden angezeigt, wenn ein Parameter ausserhalb des Normalbereichs liegt. (VapoTherm, 2009)

2.5.2. Bedienung

Der VapoTherm Precision Flow ist einfach in der Handhabung. In meinem Praxisalltag habe ich bisher vor allem Probleme mit dem Zusammenbau und Starten des Geräts festgestellt. Dies aufgrund fehlender Routine.

Das Gerät ist einfach aufgebaut, die möglichen Einstellungen sind überschaubar so dass man sich mit dem Gerät schnell zurechtfindet.

Die genaue Bedienung ist im Geräteskript im Anhang nachzulesen.

2.5.3. Funktionsprinzip

Der VapoTherm Precision Flow ist ein System für die HFOT. Er wärmt und befeuchtet das Atemgas und ermöglicht die Verabreichung mit einem Flow bis zu 40L/Min. Die

Einheit beinhaltet zudem einen elektronischen Mischer mit Durchflusssensor, welcher eine genaue Einstellung des FiO_2 ermöglicht.

Über einen O_2 - und einen Luftanschluss gelangt das Gas in die Befeuchtungspatrone. Dort wird es durch erwärmtes vorbeifliessendes Wasser, welches durch spezielle Polymer-Hohlfasern diffundiert, mit Dampf angereichert. Das Gasgemisch ist nun mit angewärmtem Dampf gesättigt und fliesst weiter über die Nasenkanüle in den Patienten. Die Durchflussrate wird von der Software berechnet und vom System eingestellt.

Das Wasser wird über eine Heizplatte im Inneren der Haupteinheit aufgewärmt, fliesst dann durch den dreilumigen Patientenschlauch, wobei er das in der Mitte fliessende Gasgemisch anwärmt. Das zurückfliessende Wasser passiert wie oben beschrieben die Befeuchtungspatrone und sammelt sich danach in einem Pumpenreservoir. Dort wird es erneut auf die gewünschte Temperatur angewärmt und mit Wasser aufgefüllt, um die Verdampfungsverluste auszugleichen. (Vapotherm, 2009)

2.5.4. Anwendung am Patienten

Auf dem INZ des KSB haben wir 2 Standardeinstellungen für den Beginn mit HFOT. Sie unterscheiden sich nur in der Wahl des FiO_2 . Bei Lungenödem wählt man 100% FiO_2 , bei COPD 35%. Bei anderen Indikationen kann man die Einstellungen aber auch der Patientensituation anpassen. Die Standardeinstellungen dienen nur als Richtwerte.

Folgende Punkte sollten bei der Anwendung beachtet werden:

- Ausschluss Pneumothorax (Röntgen oder Sono)
- Patienten informieren und (halb)sitzend lagern
- Vorbereitung/Aufbau siehe Kapitel 2.5.2.
- Nasenbrille erst anbringen, wenn das Gerät die Temperatur auf mindestens 35 Grad aufgewärmt hat
- Patientenschlauch mit Clip an Nachthemd oder Kissen anbringen, darauf achten dass kein Zug auf Nasenbrille entsteht
- Flow einstellen, es empfiehlt sich mit hohem Flow (35-40l/min) zu beginnen und dann langsam bis zum gewünschten Resultat zu reduzieren (Achtung Patient gut informieren, hoher Flow kann zu Beginn unangenehm sein)
- FiO_2 je nach Indikation wählen
- Temperatur einstellen, die Temperatur kann bei Wunsch des Patienten bis auf mindestens 35° reduziert werden.
- Zur Entwöhnung primär FiO_2 reduzieren.

(F. Hartmann, 2018)

2.5.5. Pflegerische Massnahmen während der Therapie

Folgende pflegerische Massnahmen sollten während der Therapie beachtet werden:

Lagerung:

Patienten werden idealerweise (halb-)sitzend gelagert, um eine optimale Ventilation der Lunge zu gewährleisten. (F. Hartmann, 2018)

Bei schwerer Dyspnoe empfiehlt sich die Herzbettlagerung. Bei dieser Lagerung wird der Patient mithilfe des Kopfteils, welches auf 45-60 Grad hochgestellt wird, sitzend gelagert. Dabei sollte man auf eine gestreckte Wirbelsäule achten, um einen Druck auf die Bauchorgane zu verhindern. Dies hätte eine Beeinträchtigung der Zwerchfellatmung zur Folge. Die Kniegelenke werden angewinkelt und leicht nach aussen rotiert, so entlastet man die Bauchmuskulatur und unterstützt die Zwerchfellatmung. Die Arme werden mittels Kissen unterlagert, so dass sich der Patient abstützen kann, dies entlastet die Atemhilfsmuskulatur. Die Beine werden durch eine schiefe Ebene nach unten gelagert. Diese Massnahmen haben einen positiven Effekt auf das Herz, da es den venösen Rückfluss begünstigt und damit das intrathorakale Volumen verringert. Zu beachten ist bei dieser Lagerung, dass eine erhöhte Dekubitusgefahr besteht, da der Druck auf Kreuz- und Steissbein, Beckenkamm, Wirbelsäule, Schulterblatt und Fersen erhöht ist. (G. Iberl, 2017)

Essen und Trinken:

Ein wichtiger Vorteil im Gegensatz zur NIV, ist die Möglichkeit des Patienten während der Therapie zu essen und zu trinken. Hat der Patient das Bedürfnis und die aktuelle Situation erlaubt eine Nahrungsaufnahme, sollte man diese dem Patienten ermöglichen. Bei schwerer Dyspnoe oder Tachypnoe muss aber unbedingt auf eine Nahrungsaufnahme verzichtet werden. Ist der Atemantrieb sehr hoch, kann sich der Kehlkopf während des Schluckens öffnen und es kommt zur Aspiration. (G. Iberl, 2017)

Klinische Beobachtung:

Der Patient sollte während der Therapie mit der HFOT konstant überwacht werden. Zeichen der respiratorischen Insuffizienz wie Tachypnoe, Zyanose, gestaute Halsvenen, Einsatz der Atemhilfsmuskulatur, Unruhe, Schwitzen, Verwirrtheit, Vigilanzminderung, abnorme Atemgeräusche sollten frühzeitig erkannt und die Therapie evaluiert werden. (G. Iberl u.a. 2017)

Kreislaufüberwachung:

Ein Standardmonitoring während der HFOT mit Blutdruck, Puls, EKG und SpO₂ ist in der Regel ausreichend. So können Verschlechterungen des Herz-Kreislauf-Systems erkannt werden und Massnahmen eingeleitet werden. Je nach Patientensituation muss das Monitoring erweitert werden, zum Beispiel mit einer invasiven arteriellen Blutdruckmessung. (F. Hartmann, 2019)

Überwachung der arteriellen Blutgaswerte:

Eine Abnahme der ABGA sollte 20-30 Minuten nach Beginn mit der HFOT abgenommen werden. Die Therapie kann dann, wenn nötig, angepasst oder bei Verschlechterung auch abgebrochen werden. (F. Hartmann, 2019)

Sekretmobilisation:

Durch das angefeuchtete und erwärmte Gasgemisch findet eine effiziente Sekretolyse statt. Der Patient sollte unterstützt und angeleitet werden das Sekret abzuhusten. Die Sekretentfernung verbessert den Gasaustausch und verringert die Atemarbeit. (G. Iberl, 2017)

2.6. Nicht invasive Ventilation (NIV)

Bei der nicht invasiven Ventilation handelt es sich um eine maschinelle Maskenbeatmung. Also eine Unterstützung der Atmung ohne dass eine Intubation oder Tracheotomie nötig ist. Die NIV ist in der Lage einen positiven endexpiratorischen Druck aufzubauen. Zudem erfolgt eine assistierte Druckunterstützung bei der Inspiration, die durch einen Trigger ausgelöst wird. Diese Druckunterstützung, auch Pressure Support genannt, hilft dem Patienten die Atemarbeit zu erleichtern.

Die NIV ist keine rein maschinelle Beatmung, da der Patient spontan atmet. Das bedeutet, dass eine eigene Atmung erforderlich ist.

Der Patient hat die Möglichkeit zu sprechen, allerdings erschwert die Maske das Schlucken sowie das Abhusten. (S. Schiffer, 2012)

2.6.2. Unterschiede zur HFOT

In diesem Kapitel erläutere ich die Unterschiede zwischen der HFOT und der NIV. Dies aufgrund des Fachwissens und der Erkenntnisse, welche ich mir in den vergangenen Kapiteln dieser Diplomarbeit angeeignet habe.

Der Hauptunterschied zur HFOT ist, dass der Sauerstoff nicht über eine Maske verabreicht wird, sondern über eine für die HFOT konzipierte Nasenbrille. Bei der NIV werden die Atemwege mit Hilfe der Maske vom Druck der Atmosphäre abgeschirmt. Es entsteht eine neue Atmosphäre innerhalb der Maske, wodurch man nun mittels des NIV-Gerätes einen positiven endexpiratorischen Druck erzeugen kann, welcher auf die Bedürfnisse des Patienten abgestimmt ist. Dadurch erreicht man eine Annäherung des extrinsischen PEEP zum intrinsischen PEEP, wodurch die Expiration erleichtert wird. Dies wiederum hat zur Folge, dass eine bessere CO₂-Abatmung stattfindet. Der PEEP sorgt ausserdem für ein Offenhalten der Alveolen, womit die Bildung von Atelektasen verhindert wird. Bei Patienten mit einem Lungenödem kann der PEEP für ein Verdrängen der alveolären Flüssigkeit sorgen und damit die Diffusionsstrecke wieder verringern.

Es lassen sich bei der NIV noch weitere verschiedene Einstellungen vornehmen, um die Atmung des Patienten zu unterstützen. So ist es möglich eine Pressure Support einzustellen, welcher auf den Trigger des Patienten reagiert. Das NIV-Gerät ist somit auch in der Lage, die Eigenatmung des Patienten zu erkennen.

Bei der HFOT macht man sich den hohen Flow zu Nutze, welcher ebenfalls in der Lage ist einen PEEP zu erzeugen. Dieser PEEP ist aber geringer wie bei der NIV und lässt sich auch nicht genau einstellen oder berechnen. Bei einem Flow von 60L/Min geht man davon aus, dass ungefähr ein PEEP im Bereich von 5 cmH₂O²⁵ entsteht. (Fabian Hartmann, 2019)

²⁵ Zentimeter Wassersäule

Ausserdem ist der Flow kontinuierlich, er ist nicht Leckage abhängig durch eine Maske und wird auch nicht vom Patienten getriggert.

Der bei der HFOT entstehende Flow ist in der Lage, den nasopharyngealen Totraum zu eliminieren, was eine verbesserte CO₂-Auswaschung zur Folge hat. Der nasopharyngeale Totraum dient so als Reservoir für den O₂.

Ein weiterer Vorteil der HFOT gegenüber der NIV ist die Möglichkeit, den Sauerstoff auf beinahe 100% anzufeuchten und zu erwärmen. Dies verbessert unter anderem die Sekretolyse, die Patienten können besser abhusten und es entsteht keine Austrocknung der Nasenschleimhaut.

Ebenfalls zu erwähnen ist die Tatsache, dass es bei der HFOT meist zu keinem relevantem Blutdruckabfall kommt, da kaum eine Erhöhung des intrathorakalen Druckes stattfindet.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die HFOT der NIV nicht unterlegen ist. Die Therapie ist eine gute Alternativ zur NIV. Vor allem wenn bei der NIV eine Maskenintoleranz vorkommt, was laut Studien bei bis zu 33% der Patienten unter NIV der Fall ist. (M. Carron, 2013)

In der untenstehenden Grafik sieht man, dass die HFOT in Bezug auf Patientenansprechen, Patientenkomfort und Bedienung besser abschneidet als die NIV. (Doshi u.a. 2018)

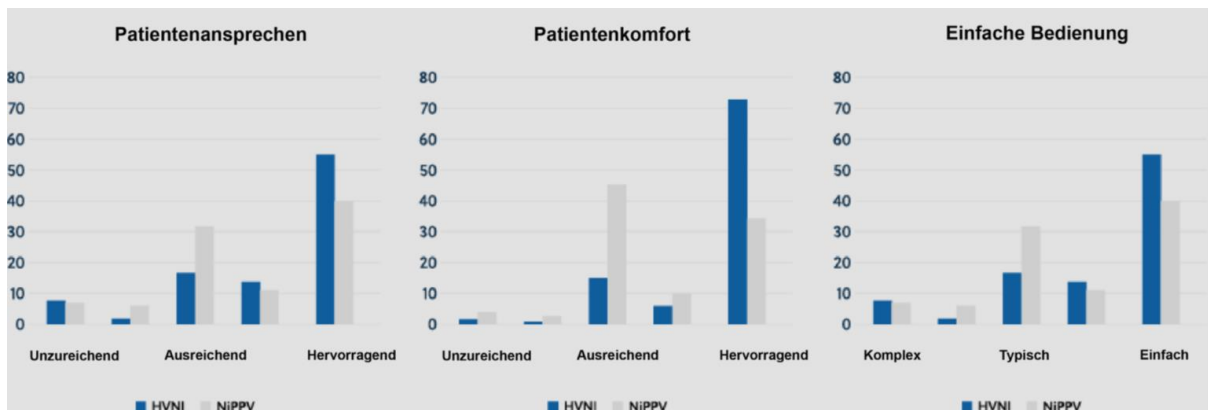


Abbildung 3

2.6.3. Wechsel von NIV zur HFOT

Die HFOT wird auf dem INZ des KSB erst seit wenigen Monaten verwendet, weswegen es momentan noch an Erfahrungswerten fehlt. In diesem Kapitel beschreibe ich die mir wichtigen Aspekte, welche man beim Wechsel von NIV zu HFOT beachten sollte.

Wird es nötig von der NIV auf die HFOT zu wechseln, sollte die Übergangszeit möglichst kurz gehalten werden. Zieht man während der laufenden NIV-Therapie einen Wechsel in Betracht, so ist es ratsam das Gerät für die HFOT möglichst rasch vorzubereiten. So kann man lange Unterbrüche im Therapieablauf verhindern. Die Vorbereitung für den Vapotherm Precision Flow benötigt bei geübtem Personal ungefähr 5 Minuten.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Aufklärung des Patienten. Nur wenn der Patient genau weiss, was der nächste Schritt in der Therapie ist, kann er sich darauf einstellen und auch einlassen. So fördert man die Compliance des Patienten. Gerade wenn der

Wechsel aufgrund einer Maskenintoleranz geschieht ist es wichtig, dass der Patient weiss, dass man eine Lösung dafür hat. So gibt man ihm die Sicherheit, die er in solch einer Situation benötigt.

Der Patient sollte gut informiert werden, worin der Unterschied zwischen den beiden Therapien besteht. Schon die Tatsache, dass bei der HFOT keine Maske verwendet wird, bewirkt bei vielen Patienten ein erleichterndes Gefühl. Im Patientenkomfort ist die HFOT im Vergleich zur NIV besser, da es problemlos möglich ist zu kommunizieren, zu essen und zu trinken.

Die Dokumentation erachte ich als ebenso wichtig. In der Patientendokumentation muss klar ersichtlich sein zu welchem Zeitpunkt der Wechsel von statten ging, mit welchen Einstellungen man begonnen hat und auch der Grund warum gewechselt wurde sollte klar nachvollziehbar sein. So gewährleistet man einen reibungslosen Übergang bei Schichtwechsel oder auch bei internen und externen Verlegungen.

Zum aktuellen Zeitpunkt wird auf dem INZ des KSB ein neues NIV-Gerät eingeführt, welches eine integrierte HFOT-Einheit hat. Der Hamilton C1 kann Flussraten bis 80L/Min erzeugen. Der Wechsel von NIV zu HFOT ist auch bei diesem Gerät mit wenigen Handgriffen vollbracht.

3. Schlussteil

3.1. Fazit

Das Fazit dieser Arbeit ist die Tatsache, dass die Anwendung der HFOT auf dem interdisziplinären Notfallzentrum eine sehr gute Alternative, bei nicht-tolerieren der NIV, ist. Die Anwendung ist einfach und der Nutzen für die Patienten bei richtiger Anwendung gross. Ausser als Alternative zur NIV kann die HFOT auch bei Krankheitsbildern angewendet werden, bei denen die NIV nicht in Frage kommt, wie zum Beispiel bei Pneumonie oder Lungenembolie. Zu beachten ist dann aber, dass die Ursache mit der HFOT nicht behoben wird, sondern die Oxygenierungsproblematik verbessert werden kann. Die HFOT sollte meiner Meinung nach öfter zum Einsatz kommen, da wir damit Patienten mit Dyspnoe besser versorgen können.

3.2. Beantwortung der Fragestellungen

Leitfragen:

❖ *Bei welchen Krankheitsbildern ist die HFOT indiziert?*

Die HFOT kann bei verschiedensten Krankheitsbildern, welche mit Dyspnoe einhergehen, angewendet werden. Sowohl bei hyperkapnischen akuten respiratorischen Insuffizienzen wie auch bei hypoxämischen akuten respiratorischen Insuffizienzen kann man die Patienten mit der HFOT gut unterstützen. Am meisten kommt die Therapie bei folgenden Krankheitsbildern zum Einsatz:

- COPD und Lungenemphysem
- Asthma
- Pneumonie
- Lungenödem
- Lungenembolie

❖ *Wie ist der Wirkungsmechanismus der HFOT?*

Der Wirkungsmechanismus ist in Kapitel 2.5.3. beschrieben. Um die HFOT richtig anzuwenden ist es von grosser Bedeutung auch den Wirkungsmechanismus zu verstehen. Durch die intensive Behandlung des Themas in meiner Diplomarbeit verstehen ich nun die Hintergründe der Therapie.

Einer der wichtigsten Punkte in der HFOT ist sicher die Möglichkeit der Einstellung der sehr hohen Flussraten im Gegensatz zur konventionellen Sauerstofftherapie und die Möglichkeit der Anwärmung und Befeuchtung des Sauerstoffs. Es findet eine Elimination des anatomischen Totraums statt, was zu einer besseren Oxygenation und Auswaschung des paCO_2 führt. Ausserdem erreicht man mit der Anwärmung und Anfeuchtung des Sauerstoffs eine bessere Sekretolyse.

❖ *Wie wird die HFOT angewendet?*

Die HFOT wird mit Hilfe eines HFOT-fähigen Gerätes verabreicht. Auf dem INZ des KSB wird der von der Firma Vapotherm hergestellte Precision Flow verwendet. Über

eine spezielle Nasenbrille, welche ein breiteres Lumen hat, können hohe Flussraten an Sauerstoff verabreicht werden. Es ist möglich die Flussrate, die Sauerstoffkonzentration sowie die Temperatur auszuwählen. So kann man die Therapie individuell dem Patienten anpassen.

❖ *Welches sind die wichtigsten pflegerischen Massnahmen während der Anwendung?*

Ich habe mich intensiv mit den pflegerischen Massnahmen auseinandergesetzt. Auch im Interview mit Dr. Fabian Hartmann stellte sich heraus, dass eine kontinuierliche klinische Überwachung von zentraler Bedeutung ist. Dabei sollte auch eine kontinuierliche Überwachung der Vitalzeichen durchgeführt werden. Eine Kontrolle der arteriellen Blutgaswerte ist nach 20-30 Minuten zu empfehlen, um die Therapie zu evaluieren und gegebenenfalls anzupassen. Massnahmen wie Lagerungen, das Ermöglichen der Nahrungsaufnahme, sowie die Sekretmobilisation unterstützen den Patienten zusätzlich, wodurch die Compliance des Patienten gefördert werden kann.

❖ *Wie unterscheidet sich die HFOT zur NIV?*

Die Unterschiede der beiden Therapien sind in Kapitel 2.6.2. genau beschrieben. Ein wichtiger Punkt ist sicher der Unterschied in der Entstehung des PEEP. Beim NIV wird der PEEP durch eine Veränderung der Druckverhältnisse in der Atmosphäre, welche in der Maske erzeugt wird, erreicht. Bei der HFOT wird der PEEP aufgrund der hohen Flussraten erreicht. Die weiteren Unterschiede sind wie bereits erwähnt in Kapitel 2.6.2. nachzulesen.

Für mich hat sich das Erarbeiten sehr gelohnt. Ich habe viel über die Wirkungsmechanismen gelernt und kann dadurch jetzt mehr Zusammenhänge erkennen. Durch diesen Lernerfolg ist es mir nun möglich, besser zu erkennen wann welche Therapie am sinnvollsten ist.

❖ *Welche Unterschiede in der HFOT gibt es bei Hypoxämie und Hyperkapnie?*

Der Hauptunterschied ist die Wahl des FiO_2 . Bei Hypoxämie will man mit Hilfe eines hohen FiO_2 eine verbesserte Oxygenation erreichen. Im Gegensatz dazu wählt man unter der Voraussetzung einer Hyperkapnie einen geringeren FiO_2 und macht sich den hohen Flow zu Nutze. Dieser sorgt für eine bessere CO_2 -Auswaschung im nasopharyngealen Bereich. Ausserdem wird die Ausatmung aufgrund des entstehenden PEEP erleichtert, was wiederum eine verbesserte CO_2 -Abatmung zur Folge hat. Mit einem tieferen FiO_2 bei der Hyperkapnie vermeidet man zudem eine mögliche Entstehung einer CO_2 -Narkose.

Kernfrage:

❖ *Welche Kriterien sind für Patienten mit einer akuten respiratorischen Insuffizienz ausschlaggebend, um von der HFOT zu profitieren damit sich ihre respiratorische Situation verbessert?*

Während des Schreibens meiner Diplomarbeit haben sich für mich einige wichtige Kriterien herausgestellt, welche für die optimale Anwendung der HFOT wichtig sind, um einen optimalen Therapieerfolg zu erreichen.

Einerseits ist es von grosser Bedeutung die richtige Indikation zu wählen, dies aber immer im Hinblick darauf auf welche nachfolgende Station der Patient verlegt wird. Der Kosten-Nutzen-Faktor sollte also gut bedacht werden. So sollte bei Patienten, welche auf eine normale Bettenstation verlegt werden, gut überlegt werden, ob der Patient die HFOT wirklich benötigt.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Möglichkeit die HFOT als Alternative zur NIV zu verwenden. Diese Indikation kommt vor allem bei nicht tolerieren der NIV in Frage. Es ist also wichtig bei Problemen unter NIV frühzeitig an einen Wechsel auf die HFOT zu denken. So ist es möglich durch frühzeitiges Vorbereiten des Gerätes, einen reibungslosen Übergang mit kurzem Therapieunterbruch zu gewährleisten.

Die richtige Anwendung des Geräts ist ein weiterer Faktor. Möglich wird dies durch gut geschultes Personal, welches über genügend Fachwissen verfügt, um eine optimale Patienteninstruktion durchzuführen. So ist es möglich dem Patienten Sicherheit zu geben und seine Compliance zu fördern.

Weiter finde ich die pflegerischen Massnahmen, welche während der Therapie zusätzlich angewendet werden können, überaus wichtig. Der Patientenkomfort und auch der Therapieerfolg können mit diesen Massnahmen positiv beeinflusst werden.

Ich denke, bei uns auf dem INZ des KSB wird in Zukunft die HFOT immer mehr genutzt werden.

3.3. Reflexion

3.3.1. Schwierigkeiten

Die Bearbeitung meines Themas bereitete mir vor allem in der Eingrenzung teilweise Schwierigkeiten. Schon am Anfang des Hauptteils, in dem es um die Physiologie der Atmung ging, hatte ich Mühe mich auf das Wesentliche einzuschränken. Man hätte dort sicher noch weitere Aspekte thematisieren können, jedoch versuchte ich diejenigen Anteile näher zu beschreiben, welche für das Verständnis der HFOT zentral sind. Ebenso erging es mir bei den Indikationen, bei welchen ich mich auf die am häufigsten vorkommenden Krankheitsbilder beschränkt habe.

Ebenfalls schwierig war, die Tatsache, dass die HFOT bei uns noch nicht sehr lange angewendet wird und wir daher nur über wenige Erfahrungswerte verfügen. Deshalb hatte ich Kontakt mit mehreren Notfallstation, welche diese Therapie bereits anwenden. Das Universitätsspital Basel hat auch erst seit kurzem die HFOT-Geräte in der Anwendung. Trotzdem war es interessant zu erfahren wie und vor allem bei welchen Indikationen sie die Therapie anwenden. So kommt die HFOT in Basel meistens nur bei reinen Oxygenierungsstörungen zum Einsatz. In Bern am Inselspital wird es auf dem Notfall gar nicht verwendet, in der Hirslanden-Klinik in Zürich jedoch schon länger. Der Austausch mit den verschiedenen Notfallstationen war für mich sehr interessant. Hausintern profitierte ich auch von den Erfahrungen der IMC und IDIS.

3.3.2. Konsequenzen für die Arbeit

Die Bearbeitung des Themas hat meine Fachkompetenz enorm gesteigert. Die Ausarbeitung der Physiologie und Pathophysiologie der Atmung hilft mir in meinem Arbeitsalltag Zusammenhänge zu erkennen und nötige Massnahmen einzuleiten.

Durch die Bearbeitung der HFOT bin ich jetzt in der Lage Situationen zu erkennen, in welcher die HFOT indiziert sein kann. Somit kann ich auch aktiv die Therapie vorschlagen. Damit helfe ich, dass die Therapie auf dem INZ vermehrt angewendet wird. Dies führt wiederum dazu, dass mehr Erfahrungen damit gemacht werden, aus denen gelernt werden kann.

Für unsere Patienten stellt die HFOT eine sehr gute Therapiemöglichkeit bei akuter Dyspnoe dar. Durch die Ausarbeitung der wichtigen pflegerischen Massnahmen ist es mir nun möglich, die Patienten optimal zu betreuen. Ausserdem kann ich jetzt auch meine Teamkollegen bei Bedarf unterstützen.

3.3.3. Reflexion des persönlichen Lernprozesses und der eigenen Rolle

Ich habe in meiner Disposition einen Zeitplan erstellt, nach welchem ich mich richten wollte. Doch wie so oft kommt es anders als man denkt. Da ich eine Person bin, die etwas Zeitdruck benötigt, habe ich mich nicht so ganz an diesen Plan gehalten. Trotzdem ist es mir gelungen, den Zeitplan anzupassen und meine Arbeit in einem guten Zeitrahmen fertig zu stellen. Das Schreiben der Diplomarbeit hat viel Zeit in Anspruch genommen, wodurch neben dem normalen Arbeiten auf dem INZ nicht mehr viel Zeit für anderes blieb. Damit hatte ich phasenweise grosse Mühe, jedoch wenn man dann sieht was man geleistet hat, merkt man, dass es sich lohnt.

Ich habe in dieser Zeit festgestellt, dass eine so intensive Auseinandersetzung mit einem Thema den Arbeitsalltag enorm erleichtert. Es gab immer mehr Situationen, in denen ich bemerkte, wie ich mein neu erlerntes Fachwissen anwenden konnte. So kann ich nun meine Teamkollegen unterstützen, wenn sie Schwierigkeiten in der Anwendung der HFOT haben. Gerade der Umgang mit dem Gerät bereitet oft noch Schwierigkeiten oder es entstehen Fragen.

Schlussendlich muss ich sagen, war das Schreiben der Diplomarbeit eine grosse Herausforderung, aber auch ein sehr gute Erfahrung, die mich in meiner Rolle als angehende Expertin Notfallpflege einen grossen Schritt weiter gebracht hat.

4. Literaturverzeichnis

Bücher:

- Bösch, D. (2014). Anatomie und Physiologie der Atemwege. In T. Lüscher, J. Steffel (Hrsg.). (S. 2-8). *Lunge und Atemwege*. Berlin: Springer Verlag
- Bühlmann, J. (2004). Angst. In S. Käppeli (Hrsg.). (S. 81-101). *Pflegekonzepte, Phänomene im Erleben von Krankheit und Umfeld, Band 1*. Bern: Hans Huber Verlag
- Iberl, G. (2017) Leitsymptome bei pneumologischen Erkrankungen. In G. Iberl, M. Schellenberg (Hrsg.). (S. 154-163). *Pflegewissen Pneumologie*. Berlin: Springer Verlag
- Kurtz, A. (2014). Atmung. In H. Pape, A. Kurtz, St. Silbernagel (Hrsg.) (S. 304-364). *Physiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Schellenberg, M. (2017) Krankheitsbilder. In G. Iberl, M. Schellenberg (Hrsg.). (S. 41-78). *Pflegewissen Pneumologie*. Berlin: Springer Verlag
- Silbernagel, St., Lang, F. (2017). *Taschenatlas Pathophysiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag

Internet:

- Grensemann, J., Fuhrmann, V., Kluge, St. (2018). *Sauerstofftherapie in der Intensiv- und Notfallmedizin*. Deutsches Ärzteblatt. Abgefragt am 04.04.2019 <https://www.aerzteblatt.de/archiv/198866/Sauerstofftherapie-in-der-Intensiv-und-Notfallmedizin>
- Hamilton Medical AG (2018). High-Flow Sauerstofftherapie. Abgefragt am 28.03.2019 https://www.hamilton-medical.cn/dam/jcr:702f3010-9126-4bcc-83f7-62ba9645a82f/ELO20180513N_High-flow-oxygen-therapy_DE.pdf
- Schiffer, S. Müller, A. (2018). Notfallpodcast Fastrack, Folge 1. Abgefragt am 09.04.2019. <https://www.fastrack-notfall.com/podcast/>
- Vapotherm, Inc. (n.d.) *Informationsblatt Vapotherm*. Habel Medizintechnik. Abgefragt am 05.04.2019. <https://www.habel-medizintechnik.at/resource/read/18138/>

Unterrichtsunterlagen (AFSAIN / KSB):

- Schiffer, S. (2012). Geräteskript Elisée 150. Interdisziplinäres Notfallzentrum, Kantonsspital Baden
- Sperl, K. (2017). *Anatomie und Physiologie des Respirationstraktes*. Aargauische Fachschule für Anästhesie-, Intensiv- und Notfallpflege

Studien:

- Carron M et al. (2013). *Complications of non-invasive ventilation techniques: a comprehensive qualitative review of randomized trials*. British Journal of Anaesthesia, Vol. 110. S. 896–914

Doshi P, Whittle JS, Bublewicz M, u.a. (2018). *High-Velocity Nasal Insufflation in the Treatment of Respiratory Failure: A Randomized Clinical Trial*. Annals of Emergency Medicine Vol. 72, S. 73-83

Teasdale, K. (1995). *Theoretical and practical considerations on the use of reassurance in the nursing management of anxious patients*. Journal of Advanced Nursing. 22. Juli 1995, S. 87-93

Sonstiges:

Hartmann, F. Oberarzt des interdisziplinären Notfallzentrums des Kantonsspital Badens. Interview geführt am 06.04.2019.

Hartmann, F. (2018). *SOP : Nicht-invasive Beatmung (NIV) und high flow oxygen therapy (HFOT) im Schockraum*. Baden: Kantonsspital Baden

Miller, T. (n.d.). *High-Flow-Therapie und -Befeuchtung: Zusammenfassung der Wirkungsmechanismen, Technologie und Forschung*. Stevensville: VapoTherm Inc.

VapoTherm (2009). *Precision Flow Bedienungshandbuch*. Stevensville: VapoTherm, Inc.

5. Abbildungsverzeichnis

Titelbild:

<https://www.medicaltechnologies.com.au/vapoTherm>

(besucht am 14.03.2019)

Abbildung 1 14

Grafische Darstellung der Lungenvolumina
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Lungvolumes.svg>

(besucht am 27.03.2019)

Abbildung 2 21

Folgen von Hyperoxie, Florian Lang, 2018, S. 93

Abbildung 3 26

Grafik aus Studie von P. Doshi u.a. (2018)

<https://www.habel-medizintechnik.at/resource/read/22828/>

(besucht am 07.04.2019)

6. Anhang

6.1. Interview

Interview über die Highflow Oxygen Therapy (HFOT) im Rahmen der Diplomarbeit von Karin Ciapponi

Als Grundlage dient das Interview von Dr. Fabian Hartmann über die HFOT im Notfallpodcast "Fasttrack" von Sebastian Schiffer und Andreas Müller.

Fragen an Dr. Fabian Hartmann, Oberarzt am interdisziplinären Notfallzentrum des Kantonsspital Baden

1. Wie zufrieden bist du mit der Einführung des Vapotherm Precision Flow bis jetzt? Wird die HFOT deiner Meinung nach oft genug genutzt?

Bislang habe ich nur gute Erfahrungen mit der HFOT gemacht. Wir setzen die HFOT, die der klassischen NIV nicht generell überlegen ist, in Hinblick auf die deutlich höheren Kosten, absichtlich zurückhaltend ein.

2. Hast du die HFOT schon vorher an einem anderen Arbeitsort verwendet?

Nein

3. Sollte die HFOT nur als Alternative zur NIV verwendet werden oder gibt es auch Indikationen, bei denen die Therapie erste Wahl ist?

Soweit mir bekannt ist, gibt es unterschiedliche und zum Teil gegensätzliche Studienresultate, eine generelle Überlegenheit der einen oder anderen Methode konnte nicht gezeigt werden. Ich würde somit die HFOT primär vor allem bei Patienten einsetzen, bei denen NIV aus anderen Gründen nicht erfolgsversprechend ist, zum Beispiel ausgeprägte Klaustrophobie oder bei anatomische Abnormitäten (z.B. Unterkieferresektion).

4. Entsteht bei der HFOT ein PEEP? Ist es möglich diesen zu berechnen?

Ja, es entsteht definitiv ein PEEP, dieser liegt bei Flussraten von 60L/min häufig im Bereich von 5 cm H₂O. Eine zuverlässige Formel zur Berechnung des PEEPS kenne ich nicht.

5. Wie sollte die Überwachung der Patienten während der Anwendung aussehen?

In meinen Augen ist das wichtigste, dass eine mit dem Verfahren gut vertraute medizinische Fachkraft am Patientenbett bleibt. Die kurzfristigen Veränderungen, sowohl positiv wie auch negativ, sind so am einfachsten und schnellsten zu erkennen. Grundsätzlich sollte ein Standardmonitoring (BD, Pulsoxymetrie, EKG) verwendet werden.

6. Wäre es sinnvoll während der Anwendung regelmässig ABGA's abzunehmen?

Ja. Eine erste Verlaufs-ABGA ist in der Regel nach 20-30 Minuten sinnvoll.

7. Sollte man grundsätzlich bei Patienten, welche auf Normalstation verlegt werden, auf die HFOT verzichten?

Nein. Insbesondere ist zum Zeitpunkt, in dem eine HFOT nötig wird, oft auch noch nicht klar, wo der Patient weiter betreut und behandelt wird. Bei Patienten, die von Anfang an für die Normalstation geplant werden, wird kaum eine HFOT nötig sein.

8. Was versteht man unter dem Oxygenierungsindex?

Der sogenannte Oxygenierungsindex dient der Beurteilung der Oxygenierungsfunktion der Lunge, das heisst ihrer Fähigkeit, das durch sie fliessende Blut mit Sauerstoff aufzusättigen.

6.2. Geräteskript Vapotherm Precision Flow

Vapotherm Precision Flow

1. Anwendungsbereich

- Hypoxämische akute respiratorische Insuffizienz
 - Lungenödem
 - Lungenembolie
 - Pneumonie

- Hyperkapnische akute respiratorische Insuffizienz
 - COPD und Lungenemphysem
 - Asthma

Kontraindikationen:

laut SOP²⁶ gelten die gleichen relativen und absoluten Kontraindikationen wie bei der nicht invasiven Beatmung (NIV).

- *Absolut:*
Status epilepticus, schweres Schädel-Hirntrauma, intrazerebrale Blutungen, kardiogener Schock, Atem- oder Kreislaufstillstand, erhöhte Gefahr der Regurgitation und Aspiration (Schluckstörungen, Ileus, GI-Blutungen), fixierte oder funktionelle Verlegung der oberen Atemwege, undrainierter Pneumothorax

- *Relativ:*
Koma, mangelnde Kooperationsbereitschaft oder nicht beherrschbarer Verwirrtheitszustand (beim der HFOT²⁷ meist nicht so ein grosses Problem), hämodynamische Instabilität, insuffiziente Spontanatmung und undrainierte grosse Pleuraergüsse

2. Bedienung

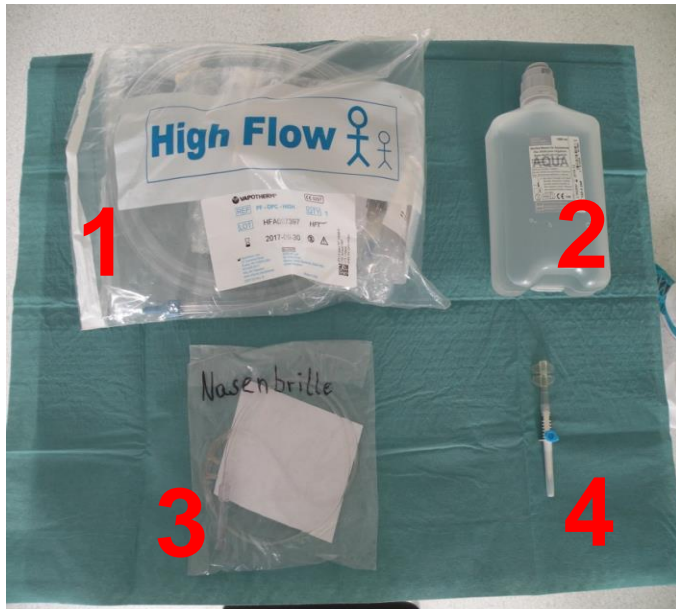
- O₂- und Air-Anschluss an Wandsteckdose installieren

- Das Gerät erst an den Strom anschliessen, wenn das System mit Wasser gefüllt ist.

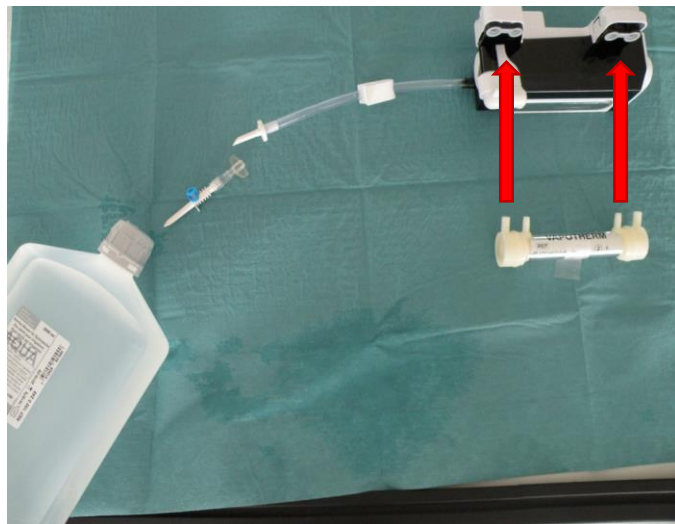
- Zusammenbau:

²⁶ Siehe Informer: Nicht-invasive Beatmung (NIV) und high flow oxygen therapy (HFOT) im Schockraum

²⁷ Highflow oxygen therapy



- **Benötigtes Material:**
Einwegwasserpfad, Patrone, Verabreichungsschlauch (1), 1000ml-Flasche destilliertes Wasser (2), Nasenbrille für VapoTherm (3), Überleitungsdorn (4)



- Patrone an Einwegwasserpfad (Kartusche) anbringen (schwarze Schutzkappen an Patrone entfernen)
- Einwegwasserpfad mit Überleitungsdorn in destilliertes Wasser stecken



- Verabreichungsschlauch mit Kartusche und Nasenbrille konnektieren.
Das Einweg-Patientenkreissystem ist nun fertig gerichtet.



- Destilliertes Wasser an Infusionsständer aufhängen, die Rollklemme ist geschlossen.
- Einweg-Patientenkreissystem in die Andockstation der Haupteinheit einführen. Von oben fest andrücken, es ist kein Klick hörbar.
- Rollklemme öffnen, das System füllt sich mit Wasser
- Haupteinheit an Strom anschliessen und Start-Taste drücken
- Nach kurzem Selbsttest gewünschte Einstellungen wählen und mit Start-Taste bestätigen
- Der Verabreichungsschlauch füllt sich nun ebenfalls mit Wasser, die Anwärmung beginnt.



1. Batteriestand niedrig oder Ladevorgang
2. Einwegwasserpfad fehlerhaft oder nicht vorhanden
3. Dampfübertragungspatronentyp (auf INZ nur Highflow)
4. Fehler bei Dampfübertragungspatrone
5. Gasversorgungsfehler
6. Start-Taste und Status-LED
7. Einstelldrehknopf
8. Taste für Alarmunterdrückung und LED für abgeschaltete Alarme
9. Wasser aus
10. Allgemeiner Fehler
11. Blockierter Schlauch
12. Anzeige für Flow in Liter/Minute (LPM)
13. Anzeige für Temperatur in Grad Celsius
14. Anzeige für FiO₂ in %

Einstellen der gewünschten Parameter:

Flow, FiO₂ und Temperatur lassen sich durch Drehen des Knopfes in der Mitte der Vorderseite einstellen. Durch Drücken wechselt man zwischen den einzelnen Parametern. Sind alle Parameter eingestellt mit Start-Taste bestätigen.

Alarmunterdrückung:

Durch Drücken wird der Alarm für 2 Minuten unterbrochen. Das darüber liegende LED zeigt an, dass ein oder mehrere Alarme unterdrückt sind.

Start-Taste:

Drücken, um die Einheit nach dem Anschluss von Wasser und Gas zu starten. Das darüber liegende LED blinkt Gelb im Standby-Betrieb und grün, wenn die Ausgabe nicht mit den Einstellungen übereinstimmt (z. B. während des Erwärmens). Leuchtet das LED kontinuierlich grün, läuft das Gerät im Normalbetrieb.

3. Sicherheitseinrichtungen

- Selbsttest beim Einschalten
- Selbstkalibrierung der internen Sensoren
- Kein integrierter Akku, aber eine Batteriesicherung, welche bei Netzstromausfall für 15 Minuten den Durchfluss und die Sauerstoffmischung gewährleistet.

- Alarme werden anhand von akustischen Signalen in hohe Priorität (schnelle Dreifachöne) und niedrige Priorität (langsame Doppeltöne) angezeigt

4. Funktionsprinzip

Bei der HFOT (highflow oxygen therapy) wird Sauerstoff mit hohem Flow über eine spezielle Nasenbrille verabreicht. Der nasopharyngeale Totraum wird eliminiert und es findet eine erhöhte CO₂-Auswaschung, eine verbesserte alveoläre Belüftung sowie Oxygenation statt.

Bei der HFOT entsteht ein abhängig vom Flow, positiver Atemwegsdruck, der am Ende der Expiration am grössten ist.









Durch die HFOT wird der inspiratorische nasopharyngeale Widerstand reduziert, was zu einer Annäherung oder Überschreitung des inspiratorischen Peakflow des Patienten führt und somit die Atemarbeit erleichtert.






Der Vapotherm Precision Flow ist ein System für die HFOT. Er wärmt und befeuchtet das Atemgas und ermöglicht die Verabreichung mit einem Flow bis zu 40L/Min. Die Einheit beinhaltet zudem einen elektronischen Mischer mit Durchflusssensor, welcher eine genaue Einstellung des FiO₂ ermöglicht.

Über einen O₂- und einen Air-Anschluss gelangt das Gas in die Befeuchtungspatrone. Dort wird es durch erwärmtes vorbeifliessendes Wasser, welches durch spezielle Polymer-Hohlfasern diffundiert, mit Dampf angereichert. Das Gasgemisch ist nun mit angewärmtem Dampf gesättigt und fliesst weiter über die Nasenkanüle in den Patienten. Die Durchflussrate wird von der Software berechnet und vom System eingestellt.

Das Wasser wird über eine Heizplatte im Inneren der Haupteinheit aufgewärmt, fliesst dann durch den dreilumigen Patientenschlauch, wobei er das in der Mitte fließende Gasgemisch anwärmt. Das zurückfliessende Wasser passiert, wie oben beschrieben die Befeuchtungspatrone und sammelt sich danach in einem Pumpenreservoir. Dort wird es erneut auf die gewünschte Temperatur angewärmt und mit Wasser aufgefüllt, um die Verdampfungsverluste auszugleichen.

5. Fehlersuche und Fehlerquellen

ALARMSYMBOL	AUDIOSIGNAL	ANZEIGEN	URSACHE	VORGEHEN
Allgemeiner Fehler (blinkt) 	Mittlere Priorität Stummschalten nicht möglich	Fehlfunktion Sensor oder Steuerungssystem	Fehler interne Komponente	Durch Benutzer nicht behebbar: Patienten trennen. Einheit abschalten, zum Service.
Allgemeiner Fehler (blinkt) % O2 zeigt Striche (- -) 	Mittlere Priorität Stummschalten nicht möglich	Fehler O2-Sensor	O2-Sensor verbraucht oder defekt	Zurücksetzen durch Abschalten der Einheit. O2-Sensor ersetzen. Einheit neu starten
Blockierter Schlauch (blinkt) 	Mittlere Priorität Schaltet nur stumm während kurzen Zurücksetzungszeitraums	Hoher Rück-Druck	Kanüle oder Verabr.schlauch blockiert/geknickt, falsche Kanüle für Durchflussrate oder DPC sitzt nicht richtig	Blockierung beseitigen, Kanülentyp prüfen, DPC neu anbringen
Wasser aus (blinkt) 	Mittlere Priorität	Kein Wasser im Einweg-wasserpfad. Gasdurchfluss geht ohne Wärme oder Wasserkreislauf weiter.	Steriles Wasser leer oder Einlassschlauch blockiert.	Patienten trennen. Wasserbeutel ersetzen oder Einlassschlauch glätten. Einheit neu starten.
Einweg-Wasserpfad (blinkt) 	Mittlere Priorität	Einwegwasserpfad fehlerhaft oder unerkannt. Einheit arbeitet nicht.	Einwegwasserpfad, defekt, sitzt nicht richtig oder nicht installiert.	Wenn Einwegwasserpfad vorhanden, entfernen und neu einsetzen, um Detektor zurückzusetzen.
Batterie lädt (ständig) 	Kein	Die interne Sicherungsbatterie ist nicht voll geladen. Einheit würde bei Stromausfall nicht so lange wie angegeben auf Batterie laufen. Kein Vorgehen nötig.		
Batterie (blinkt) 	Mittlere Priorität	Die Einheit befindet sich im BATTERIE-Modus. Gasdurchfluss und Mischung geht ohne Wärme oder Wasserkreislauf weiter.	Netzstrom ist getrennt	Netzstrom neu anschließen.
	ALLGEMEINE FEHLERALARME: Fehler bei den Kontroll- oder Messsystemen für Temperatur, Gasdurchfluss und Sauerstoff-anteil führen zu einem allgemeinen Fehleralarm, der durch dieses Symbol angegeben wird. Einheit setzt die Gasabgabe unter Fehlerbedingungen fort, bis sie in den Standby-Modus versetzt wird. Mit der Ausnahme des O2-Sensorersatzes muss die Einheit durch eine zugelassene Serviceeinrichtung repariert werden. Allgemeine Fehleralarme können nicht mit der Stummschalttaste abgeschaltet werden. Zum Zurücksetzen müssen Sie die Einheit zuerst vom Wechselstrom trennen und dann auf die Ein-/Standby-Taste drücken.			

ALARMSYMBOL	AUDIOSIGNAL	ANZEIGEN	URSACHE	VORGEHEN
Patronenfehler 	Mittlere Priorität	Patrone und/oder DPC nicht erkannt. Einheit arbeitet nicht.	EIN-Modus: Sensorfehler oder Patrone nicht erkannt.	Patienten trennen. Einweg-Pat.kreissystem entfernen. Installation der Patrone prüfen. Sensorfenster auf Sauberkeit prüfen.
	Geringe Priorität	Gasblasen im Wasserkreislauf. Einheit arbeitet weiter.	Übermäßige Gasdiffusion durch Patronenfasern.	Patienten trennen. Einheit abschalten. Einweg-Pat.kreissystem mit Wasserpfad, Patrone u. Verabr.schlauch ersetzen.
	Keine	Patrone und/oder DPC nicht erkannt.	STANDBY-Modus: Patrone fehlt.	Einweg-Kreissystem entfernen. Installation der Patrone prüfen.
Patronentyp  LO  HI	Kein	Zeigt installierten Patronentyp (Low- oder High-Flow). Kein Alarm.		
Gaszufuhr (blinkt) Gaszufuhr (ständig und numerische Durchflussanzeige blinkt) 	Mittlere Priorität	Gaszufuhrdruck nicht im Bereich 4-70 psi (28-482 kPa). Einheit arbeitet nicht.	Gaszufuhr ist abgetrennt oder verbraucht.	Gaszufuhr prüfen und bei Bedarf korrigieren.
	Mittlere Priorität	Gewählter Durchfluss mit aktueller Gaszufuhr nicht möglich.	Einlassgasdruck zu niedrig für gewählte Durchflussrate.	Gasdruck erhöhen oder Durchflusseinstellung verringern.
Temperaturanzeige zeigt Striche (- -), die blinken & Symbol für allgemeinen Fehler 	Mittlere Priorität Stummschalten nicht möglich	Temperatur nicht im Bereich.	Überhitzung oder Fehler des Temperatursensors.	Durch Benutzer nicht behebbar: Patienten trennen. Einheit abschalten und zum Service.
Numerische Temperaturanzeige blinkt	Kein	Temperatur 2° > Sollwert	Benutzer gibt viel niedrigeren Sollwert als Vortemperatur ein.	Alarm stummschalten und warten, bis Temperatur fällt.
		Temperatur 2° < Sollwert	Sehr niedrige Wassertemperatur nach Beuteltausch.	Alarm stummschalten und warten, bis Temperatur steigt.

6. Pflege und Wartung

- Nach Gebrauch Haupteinheit abkorsolinen
- Einweg-Patientensystem kann für einen Patienten 30 Tage verwendet werden
- Einlassgasfilter alle 6 Monate ersetzen
- Sauerstoffsensor nach 1 Jahr ersetzen
- TD-Wartungskleber beachten

7. Apparate Check

- Selbsttest beim Einschalten
- Gerät auch bei Nichtgebrauch an Stromquelle anschliessen
- Jährliche Wartung durch den technischen Dienst

Quellen:

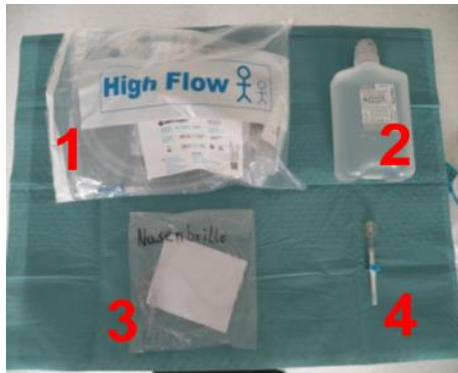
Hartmann, F. (2018). *SOP : Nicht-invasive Beatmung (NIV) und high flow oxygen therapy (HFOT) im Schockraum*. Baden: Kantonsspital Baden

Vapotherm (2009). *Precision Flow Bedienungshandbuch*. Stevensville: Vapotherm, Inc.

Haiduga, U. (2017). *IMC: Arbeitsanweisung Vapotherm Therapie*. Baden: Kantonsspital Baden

6.3. Kurzanleitung Vapotherm Precision Flow

Anleitung Vapotherm Precision Flow



- **Benötigtes Material:**
Einwegwasserpfad, Patrone, Verabreichungsschlauch (1), 1000ml-Flasche destilliertes Wasser (2), Nasenbrille für Vapotherm (3), Überleitungsdorn (4)



- Patrone an Einwegwasserpfad (Kartusche) anbringen (schwarze Schutzkappen an Patrone entfernen)
- Einwegwasserpfad mit Überleitungsdorn in destilliertes Wasser stecken



- Verabreichungsschlauch mit Kartusche und Nasenbrille konnektieren.
Das Einweg-Patientenkreissystem ist nun fertig gerichtet.



- Destilliertes Wasser an Infusionsständer aufhängen, die Rollklemme ist geschlossen.
- Einweg-Patientenkreissystem in die Andockstation der Haupteinheit einführen. Von oben fest andrücken, es ist kein Klick hörbar.
- Rollklemme öffnen, das System füllt sich mit Wasser
- Haupteinheit an Strom anschliessen und Start-Taste drücken
- Nach kurzem Selbsttest gewünschte Einstellungen wählen und mit Start-Taste bestätigen
- Der Verabreichungsschlauch füllt sich nun ebenfalls mit Wasser, die Anwärmung beginnt.



1. Batteriestand niedrig oder Ladevorgang
2. Einwegwasserpfad fehlerhaft oder nicht vorhanden
3. Dampfübertragungspatronentyp (auf INZ nur Highflow)
4. Fehler bei Dampfübertragungspatrone
5. Gasversorgungsfehler
6. Start-Taste und Status-LED
7. Einstelldrehknopf
8. Taste für Alarmunterdrückung und LED für abgeschaltete Alarme
9. Wasser aus
10. Allgemeiner Fehler
11. Blockierter Schlauch
12. Anzeige für Flow in Liter/Minute (LPM)
13. Anzeige für Temperatur in Grad Celsius
14. Anzeige für FiO₂ in %

Einstellen der gewünschten Parameter:

Flow, FiO₂ und Temperatur lassen sich durch Drehen des Knopfes in der Mitte der Vorderseite einstellen. Durch Drücken wechselt man zwischen den einzelnen Parametern. Sind alle Parameter eingestellt mit Start-Taste bestätigen.

Alarmunterdrückung:

Durch Drücken wird der Alarm für 2 Minuten unterbrochen. Das darüber liegende LED zeigt an, dass ein oder mehrere Alarme unterdrückt sind.

Start-Taste:

Drücken, um die Einheit nach dem Anschluss von Wasser und Gas zu starten. Das darüber liegende LED blinkt Gelb im Standby-Betrieb und grün, wenn die Ausgabe nicht mit den Einstellungen übereinstimmt (z. B. während des Erwärmens). Leuchtet das LED kontinuierlich grün, läuft das Gerät im Normalbetrieb.