

Inhalationsanästhesie

Diplomarbeit im Rahmen des
Nachdiplomstudiums HF

Aargauische Fachschule für
Anästhesie-, Intensiv- und
Notfallpflege



Nadja Hürzeler
Anästhesiepflege

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.

Deklaration: Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Ich erkläre, dass ich keine andern als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Alle ausgedruckten, ungedruckten oder im Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen sind durch genaue Quellenangaben gekennzeichnet.

4. Dezember 2014

Nadja Hürzeler

Vorwort

Den Anstoss zur Auseinandersetzung mit diesem Thema gaben mir einerseits der Unterricht in der Schule und andererseits der zunehmende Einsatz von Sevofluran am Arbeitsplatz. Bereits nach kurzer Zeit fiel mir auf, dass ich sehr wenig über Inhalationsanästhesien weiss. Mir wurde schnell klar, in welche Richtung ich meine Arbeit lenken will. Um mir einen umfassenden Überblick zu verschaffen, musste ich das Thema intensiv aufarbeiten. Ich betrachte in dieser Arbeit die wesentlichen Aspekte, die eine Narkose mit Sevofluran mit sich bringt.

In der Hirslanden Klinik Aarau werden vorwiegend total intravenöse Anästhesien (TIVA) durchgeführt. Jedoch wird bei bestimmten Patientengruppen oder Eingriffen Sevofluran bevorzugt verwendet. Es war für mich selten nachvollziehbar, weshalb Gas für diesen speziellen Eingriff eingesetzt wurde. Es muss also zum einen vom Patienten, zum anderen vom Eingriff abhängig sein.

Es drängten sich mir folgende Fragen auf: Weshalb wurde gerade bei diesem Patienten Gas verwendet? Weshalb wird es bei uns selten verwendet? Wie verläuft überhaupt eine Narkose mit Sevofluran? Ein weiteres Problem stellte sich mir beim Führen einer Gasnarkose. Ich betreute einen Patienten während einer Inhalationsanästhesie mit Sevofluran. Dieser wurde mit einem intravenösen Hypnotikum eingeleitet. Der Unterhalt der Narkose wurde mit Sevofluran gemacht. Natürlich hatte ich meine Parameter, um die ausreichende Narkosetiefe überprüfen zu können, jedoch fühlte ich mich unwohl.

Diesen Fragen wird in dieser Arbeit nachgegangen. Teilweise mit unklaren Antworten, was wiederum auf eine unzureichende Forschungslage hindeutet.

Danksagung

Einen grossen Dank verdient meine Berufsbildnerin Sylvia Brügger für ihre tatkräftige Unterstützung. Sie bestärkte mich in meinen Bemühungen und gab mir hilfreiche Tipps im Umgang mit dem Schreiben dieser Arbeit.

Ein Dankeschön richte ich ebenfalls an Dr. med. Robert Simmen, Dr. med. Marianne Schmid Nöthiger und Dr. med. Laszlo Szolansky für ihre präzisen und praxisnahen Ausführungen zum Thema.

Abstract

In dieser Diplomarbeit wird die Inhalationsanästhesie mit Sevofluran aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Es werden insbesondere Themen genauer beleuchtet, die für den Umgang mit dieser Art der Anästhesie bedeutsam erscheinen.

Die physikalischen Eigenschaften von volatilen Anästhetika werden zu Beginn der Arbeit erklärt. Die Umwandlung von Flüssigkeit zu Gas, Aufnahme, Verteilung und Elimination des Anästhetikums werden beschrieben. In einem nächsten Schritt wird das Narkosegas Sevofluran und dessen Wirkungen und Nebenwirkungen auf verschiedene Organsysteme des Körpers erklärt.

Der Ablauf einer Inhalationsanästhesie wird thematisiert und welchen speziellen Aspekten Beachtung geschenkt werden muss.

Des Weiteren behandelt meine Diplomarbeit die positiven und negativen Auswirkungen von Sevofluran bei bestimmten Erkrankungen und Eingriffen.

Ausserdem sind die Auswirkungen von Anästhesiegasen auf das Arbeitsumfeld im Operationssaal in die Arbeit eingebunden.

Die Arbeit beinhaltet wichtige Punkte der Anwendung und dem Umgang mit Anästhesiegasen, im Speziellen Sevofluran.

Literatur aus Büchern, Unterricht, Zeitschriften und Gesprächen werden auf die wichtigen Punkte zusammengefasst. Studien werden kritisch hinterfragt und mögliche Anwendungsvorschläge werden abgeleitet. Positive und negative Faktoren einer Inhalationsanästhesie mit Sevofluran werden deutlich, was zur Beantwortung der Kernfrage führt:

„Welche Vor- und Nachteile haben Inhalationsanästhesien mit Sevofluran, für welche Eingriffe sind sie geeignet und aus welchen Gründen sind sie bei anderen Operationen ungeeignet?“

Die Konsequenzen für mein eigenes Handeln im Berufsalltag werden zum Schluss beschrieben. Prozess und Reflexion der Arbeit sind ebenfalls Bestandteile der abschliessenden Abschnitte.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Hauptteil	3
2.1	Inhalationsanästhetika.....	3
2.2	Physikalische Begriffe	3
2.2.1	Siedepunkt.....	3
2.2.2	Dampfdruck.....	3
2.2.3	Sättigungskonzentration	4
2.2.4	Partialdruck.....	4
2.2.5	Löslichkeit	4
2.3	Verdampfer.....	4
2.3.1	Flow Verdampfer- Das Bypass- Prinzip	5
2.4	Aufnahme des Inhalationsanästhetikums	6
2.4.1	Verhalten eines gut löslichen Gases.....	6
2.4.2	Verhalten eines schlecht löslichen Gases.....	7
2.5	Verteilung des Inhalationsanästhetikums	7
2.6	Elimination des Inhalationsanästhetikums	8
2.7	Metabolismus	8
2.8	Wirkstärke der Inhalationsanästhetika- Der MAC Wert	8
2.8.1	Definition MAC- Wert	8
2.8.2	Beeinflussung der minimalen alveolären Konzentration	9
2.9	Narkosetiefe bei Inhalationsanästhesien	9
2.10	Narkosestadien	9
2.10.1	Stadium I- Amnesie und Analgesie.....	9
2.10.2	Stadium II- Exzitationsstadium	10
2.10.3	Stadium III- Chirurgische Toleranz	10
2.10.4	Stadium IV- Vergiftung.....	10
2.11	Pharmakologie der Inhalationsanästhetika.....	11
2.12	Physikalische Eigenschaften von Sevofluran	11
2.13	Pharmakodynamik.....	11
2.13.1	Wirkungen auf das zentrale Nervensystem	11
2.13.2	Wirkungen auf das Herz- Kreislauf- System	12
2.13.3	Wirkungen auf das respiratorische System	13
2.13.4	Wirkungen auf die Niere	13
2.13.5	Wirkungen auf die Muskulatur	14

2.13.6	Maligne Hyperthermie.....	14
2.13.7	Postoperative Übelkeit und Erbrechen	14
2.13.8	Organprotektion	15
2.14	Praxis der balancierten Anästhesie (nach Larsen 2013).....	16
2.14.1	Einleitung der Narkose	16
2.14.2	Aufrechterhaltung der Narkose.....	16
2.14.3	Ausleitung der Anästhesie	16
2.15	Compound A	17
2.16	Exposition des Personals.....	18
2.16.1	Schwangerschaft, Spontanaborte, Missbildungen	18
2.17	Sevoflurannarkosen bei bestimmten Krankheitsbildern.....	19
2.17.1	Allgemeinanästhesie mit Sevofluran bei Lungenerkrankungen	19
2.17.2	Allgemeinanästhesie mit Sevofluran beim kardialen Risikopatienten	19
2.17.3	Allgemeinanästhesie mit Sevofluran bei Niereninsuffizienz.....	19
2.18	Sevoflurannarkosen bei bestimmten Eingriffen	19
2.18.1	Gynäkologische laparoskopische Eingriffe	19
2.18.2	Sevofluran bei der Einlungenventilation.....	20
2.18.3	Sevofluran in der Neurochirurgie	20
2.18.4	Sevofluran in der Herzchirurgie	20
2.19	Befragungen von Personen aus dem direkten Arbeitsumfeld	21
2.19.1	Befragung von Dr. med. Robert Simmen.....	21
2.19.2	Befragung von Frau Dr. med. Marianne Schmid Nöthiger	22
2.19.3	Befragung von Dr. med. Laszlo Szolansky	22
3	Schlussteil	23
3.1	Abschliessende Beantwortung der Fragestellungen.....	23
3.2	Gewonnene Erkenntnisse	25
3.3	Schlussfolgerungen für die eigene Arbeit	25
3.4	Reflexion des Prozesses	26
3.5	Reflexion des persönlichen Lernprozesses	27
4	Literaturverzeichnis	28
4.1	Bücher	28
4.2	Zeitschriftenauszüge	28
4.3	Unterrichtsunterlagen	28
4.4	Onlinequellen	29
4.5	Gespräche mit	29
4.6	Abbildungsverzeichnis.....	29

1 Einleitung

Inhalationsanästhesien gehören bei den meisten Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen einer Anästhesieabteilung zum Alltag. Nicht für mich. Ich verfüge über sehr wenig Praxiserfahrung mit dieser Anästhesietechnik. In meinem Betrieb werden hauptsächlich total intravenöse Anästhesien durchgeführt. Dieses Wissensdefizit werde ich mit dieser Arbeit aufarbeiten.

Inhalationsanästhesien sind laut Aussagen von Ärzten, Dozenten und Mitarbeitern in Verruf geraten, was mich zur Frage führt: Aus welchem Grund? Allerdings scheinen bei bestimmten Eingriffen Inhalationsanästhesien doch vorteilhaft zu sein. Folglich muss diese Anästhesietechnik auch gute Seiten haben. Immer öfter höre ich von Studien, die volatile Anästhetika wieder in ein besseres Licht rücken. Jedoch wird, wie schon häufig erlebt, jede Studie mit einer anderen Studie widerlegt. Was also sind die Vor- und Nachteile einer Inhalationsanästhesie und für welchen Eingriff eignet sie sich, beziehungsweise ist sie unvorteilhaft oder gar kontraindiziert?

Die zentrale Fragestellung stellt sich aus den folgenden Teilfragen der Disposition der Diplomarbeit zusammen:

- Was ist eine Inhalationsanästhesie?
- Welche physikalischen Eigenschaften haben volatile Anästhetika?
- Wie wird das Gas aufgenommen?
- Wohin wird es transportiert?
- Wie wird das Anästhetikum abgebaut?
- Was ist der MAC- Wert?
- Wie verläuft eine Narkose mit Inhalationsanästhetika?
- Welche Wirkungen hat Sevofluran?
- Welche erwünschten/ unerwünschten Nebenwirkungen hat Sevofluran?
- Wie halte ich eine Narkose mit Inhalationsanästhetika aufrecht?
- Welche Vor- und Nachteile bietet diese Anästhesietechnik mit Sevofluran?
- Für welche Eingriffe ist diese Technik geeignet bzw. ungeeignet?
- Mit welchem PONV- Risiko ist zu rechnen?
- Mit welchen Langzeitauswirkungen muss gerechnet werden?
- Welche Auswirkungen haben die Gase auf die Umwelt?

Daraus resultierte die folgende Kernfrage:

„Welche Vor- und Nachteile haben Inhalationsanästhesien mit Sevofluran, für welche Eingriffe sind sie geeignet und aus welchen Gründen sind sie bei anderen Operationen ungeeignet?“

Die Literaturrecherche stand auf der Pendenzenliste an oberster Stelle. Danach folgte die kritische Beurteilung der Studien und Artikel in Fachzeitschriften. Anschließend stellte ich ein vorläufiges Inhaltsverzeichnis auf, um von Anfang an strukturiert vorgehen zu können. Das eigentliche Schreiben der Arbeit folgte im Anschluss.

Die Arbeit beschreibt zunächst die theoretischen Grundlagen. Die Auswirkungen auf den Menschen werden in den folgenden Kapiteln beschrieben. Zum Schluss betrachtete ich die Auswirkungen bei einzelnen Krankheitsbildern und Eingriffen. Einzelne Gespräche mit Personen aus meinem Arbeitsumfeld zeigen praxisnahe Erfahrungen.

Im Schlussteil folgen die Beantwortung der Kernfrage, alltagsrelevante Aspekte und Konsequenzen für meine persönliche Arbeit. Der gesamte Prozess wird reflektiert und kritisch beurteilt.

Folgende Kriterien habe ich bewusst aus der Arbeit ausgeschlossen. Aus dem einfachen Grund, weil diese in der Hirslanden Klinik Aarau nicht verwendet oder nur sehr selten durchgeführt werden.

Die allgemeine Kinderanästhesie wurde nicht betrachtet. Die Verwendung von Lachgas wird ebenfalls ausgeschlossen. Andere volatile Inhalationsanästhetika wie Isofluran oder Desfluran und auch Propofol dienen lediglich zu Vergleichen der physikalischen Eigenschaften oder der physiologischen Auswirkungen auf den Menschen und werden deshalb ebenfalls nicht näher erklärt.

2 Hauptteil

2.1 Inhalationsanästhetika

Ein Inhalationsanästhetikum ist eine Substanz, welche über die Lunge ins Blut aufgenommen wird. Das Blut verteilt diese in die verschiedenen Gewebe der Kompartimente. Hauptwirkort der Inhalationsanästhetika ist das Zentralnervensystem, also Gehirn und Rückenmark. Sie verstärken entweder inhibitorische Funktionen oder dämpfen die Erregungsüberleitung in der Synapse von Axonen. Der genaue Wirkungsmechanismus ist nicht bekannt. Jedoch ist klar, dass Inhalationsanästhetika in niedriger Konzentration eine Sedation mit anterograder Amnesie und in genügend hoher Dosis eine Allgemeinanästhesie bewirken.
(Reinhard Larsen, 2013).

2.2 Physikalische Begriffe

2.2.1 Siedepunkt

„Die Temperatur, bei der ein bestimmter Stoff vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht.“

(Duden, 2013. Abgefragt am 17.10.2014 von:

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Siedepunkt>).

2.2.2 Dampfdruck

„Der Druck des Dampfes, der sich bei einer gegebenen Temperatur in einem geschlossenen Gefäß einstellt, wenn sich flüssige Phase und Gasphase im dynamischen Gleichgewicht befinden, wird Dampfdruck genannt.“

(Roland Benedix, 2011, S. 144).

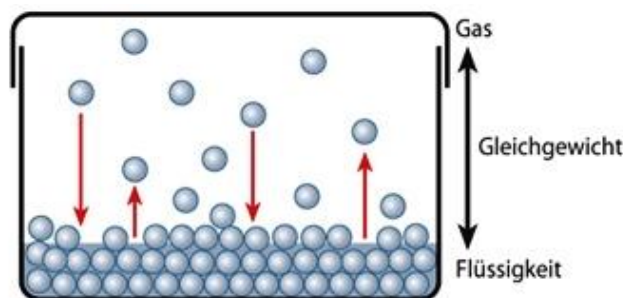


Abbildung 1:
Gleichgewicht zwischen flüssiger und gasförmiger Phase
eines volatilen Inhalationsanästhetikums
(Reinhard Larsen, 2013, S. 21).

2.2.3 Sättigungskonzentration

„Ist der Raum über der Flüssigkeit vollständig mit dem Dampf des Inhalationsanästhetikums gesättigt, so ist eine Konzentration erreicht, die als Sättigungskonzentration bezeichnet wird.“

(Reinhard Larsen, 2013, S. 21).

2.2.4 Partialdruck

„Der Partialdruck ist derjenige Druck, den das einzelne Gas eines Gasgemisches in einer Flüssigkeit ausübt. Die Gesamtheit der Partialdrücke summiert sich.“

(Italo Castelli, 2014. Folie 14).

2.2.5 Löslichkeit

„Nach dem Henry- Gesetz ist die im Blut physikalisch gelöste Gasmenge direkt proportional dem Partialdruck des Anästhetikums im Blut, das heisst, die Löslichkeit des Gases nimmt mit steigendem Partialdruck zu (bei konstanter Temperatur).“... „Die Löslichkeit bestimmt die Geschwindigkeit, mit der eine bestimmte Narkosetiefe erreicht und wieder abgeflacht werden kann. Die Löslichkeit ist für die einzelnen Inhalationsanästhetika in den Geweben des Organismus unterschiedlich.“

(Reinhard Larsen, 2013, S. 22).

2.3 Verdampfer

Inhalationsanästhetika liegen bei Raumtemperatur in flüssiger Form vor. Sie müssen zunächst in den gasförmigen Zustand umgewandelt werden. Dies erfolgt durch den Verdampfer. Zusammen mit den Frischgasen wird das Gas nun in die Lunge geleitet. Physikalische Beziehungen spielen beim Prozess der Verdampfung eine wichtige Rolle:

- Temperaturabhängigkeit: mit steigender Temperatur verdampft mehr Anästhetikum
- Energieverbrauch: das Anästhetikum kühlt während der Verdampfung ab, da der Verdampfungsvorgang Energie verbraucht
- Dampfdrücke sind unterschiedlich: jedes Gas hat einen eigenen Dampfdruck, so muss für jedes Anästhetikum ein spezifischer Verdampfer verwendet werden

Um das Anästhetikum richtig dosieren zu können, müssen Verdampfer deshalb von den nachfolgenden Faktoren unabhängig sein:

- Flow der Frischgase
- Umgebungstemperatur
- Atmosphärendruck
- Temperaturschwankungen
- Druckschwankungen

Zwei Prinzipien werden diesen Anforderungen mehr oder weniger gerecht. Das Venturi- Prinzip, welches als Vergaser funktioniert. Das Bypass- Prinzip wird auch als variabler Flow- Verdampfer bezeichnet. Da unsere Dräger Vapore nach dem Prinzip des Bypasses funktionieren, wird im folgenden Abschnitt nur auf diese Variante eingegangen.

(Reinhard Larsen, 2013).

2.3.1 Flow Verdampfer- Das Bypass- Prinzip

Das gesamte Atemvolumen wird durch den Verdampfer geleitet. Steht das Handrad auf 0, wird der Frischgaseingang und Frischgasauslass kurzgeschlossen. Das bedeutet, dass das Frischgas keinen Kontakt mit dem Anästhetikum hat. Durch Aufdrehen des Handrades wird der Zugang zum Anästhetikum geöffnet und das Frischgas gelangt in die Verdampferkammer. Hier befindet sich der Steuerkonus, welcher den Ausgang bis auf einem minimalen Spalt verschliesst und einen Strömungswiderstand darstellt. Durch das Drehen des Handrades kann dieser Spalt vergrößert beziehungsweise verkleinert werden. Je grösser der Spalt, desto mehr Gasgemisch kann ausströmen. Der Frischgasfluss wird durch den sogenannten Bypass- Konus geregelt. Dieser Konus ist mit einem Ausdehnungskörper verbunden, welcher die Temperaturunterschiede kompensiert. Die Grössenveränderungen sind minimal und bewirken kleinste Veränderungen des Konus. So wird der Spalt temperaturabhängig verändert.

(Reinhard Larsen, 2013)

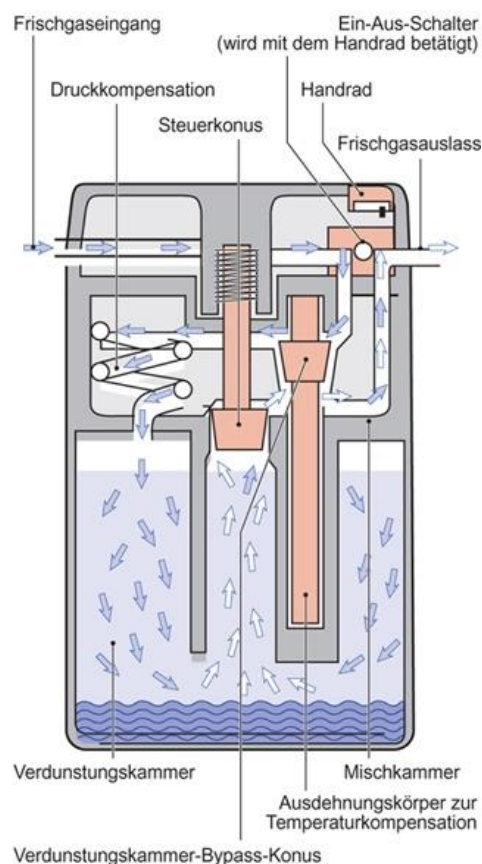


Abbildung 2:
Verdampfer Vapor
(Reinhard Larsen, 2013, S. 461).

2.4 Aufnahme des Inhalationsanästhetikums

Nachdem das Inhalationsanästhetikum im Vapor verdunstet ist und dem Frischgas beigefügt wurde, gelangt das Gas in die Lunge beziehungsweise Alveolen. Der Anstieg der alveolären Konzentration ist abhängig vom Dampfdruck. Je grösser der Dampfdruck eines Gases, desto grösser ist die inspiratorische Konzentration. Folglich steigt die alveoläre Konzentration schneller an. Das Gasgemisch vermischt sich in den Alveolen mit der Alveolärluft. Die Konzentrationen inspiratorisch und alveolär nähern sich im Verlauf von mehreren Atemzügen an, bis sich die Konzentrationen in einem Gleichgewicht befinden. Die Geschwindigkeit des Konzentrationsausgleichs ist abhängig von der alveolären Ventilation und dem Herzzeitvolumen. Grössere alveoläre Ventilation und niedrigeres Herzzeitvolumen beschleunigen die Anflutung des Gases. Die Diffusion des Anästhetikums ist abhängig vom Partialdruck. Je höher der Partialdruck in der Alveole, desto schneller diffundiert das Gas ins Blut. Dabei ist das Konzentrationsgefälle entscheidend. Die Diffusion findet so lange statt bis sich auch hier ein Gleichgewicht zwischen Alveolen und Kapillaren einstellt. Die Anästhetikumkonzentration im Blut hängt einerseits vom Partialdruck andererseits von seiner Blutlöslichkeit ab. Der Blut/Gas- Verteilungskoeffizient beschreibt das Verhältnis der Anästhetikumkonzentration im Blut und in der Alveolarluft. Wenn ein Gleichgewicht erreicht ist, demnach die Partialdrücke gleich gross sind, ergibt sich ein Unterschied der Konzentration in Blut und Alveole. Praktisch bedeutet das: Je grösser der Blut/Gas- Verteilungskoeffizient ist, desto besser ist die Löslichkeit des Gases im Blut. Das wiederum heisst, dass sich der Partialdruck nur langsam ausgleicht. Betrachtet man die Situation umgekehrt, so verläuft die Anflutung mit einem schlecht löslichen Gas viel schneller. Allerdings wird eine grössere Menge benötigt, um das Partialdruckgefälle hoch genug zu halten.

(Norbert Roewer, 2010).

2.4.1 Verhalten eines gut löslichen Gases

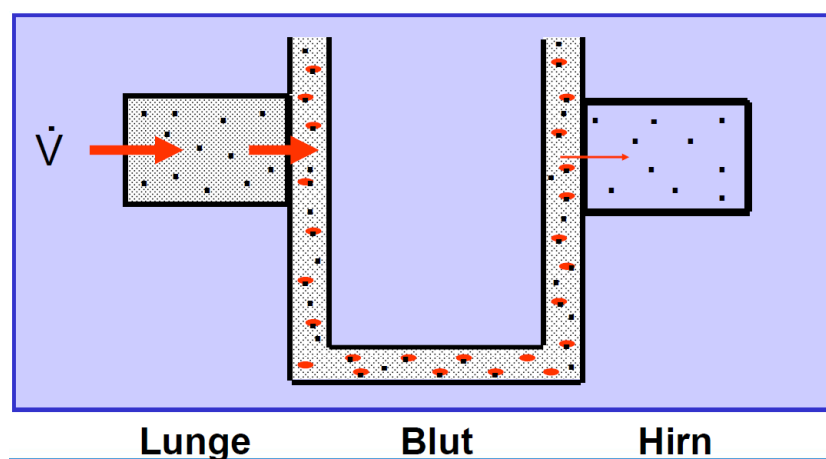


Abbildung 3:
Verhalten eines gut löslichen Gases.
(Italo Castelli, 2014. Folie 19).

2.4.2 Verhalten eines schlecht löslichen Gases

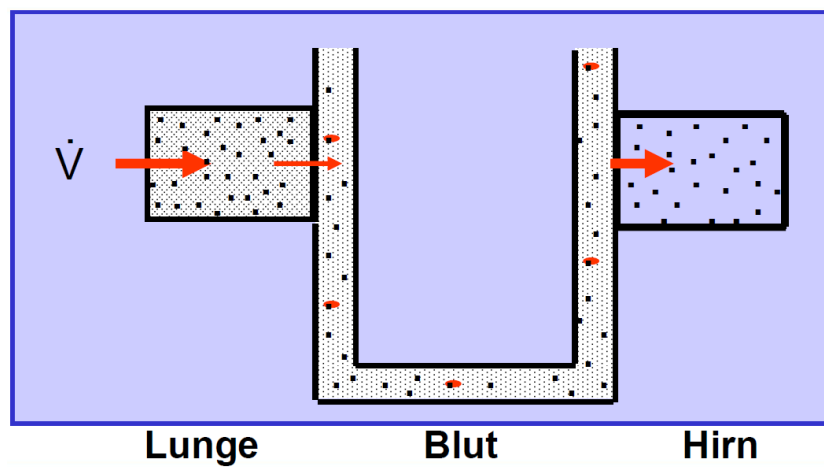


Abbildung 4:
Verhalten eines schlecht löslichen Gases
(Italo Castelli, 2014, Folie 18).

2.5 Verteilung des Inhalationsanästhetikums

Durch die Aufnahme des Gases ins Gewebe entsteht fortlaufend ein weiteres Partialdruckgefälle in der Lunge. Dies geschieht solange bis alle Gewebe gesättigt sind. Die Aufnahme im Gewebe hängt von der Löslichkeit des Anästhetikums im Gewebe, der Durchblutung des Gewebes und vom Partialdruck zwischen Blut und Gewebe ab. Die Abgabe ins Fettgewebe, ans Zielorgan Gehirn, ist abhängig vom Gewebe/Blut-Verteilungskoeffizienten. Dieser ist wesentlich höher für fettfreies Gewebe. Das heisst es wird eine grössere Menge Anästhetikum ins Fettgewebe aufgenommen. Die Durchblutung eines Gewebes beeinflusst wesentlich die Aufnahme des Gases. Für die Praxis gilt: Je höher die Durchblutung, desto schneller steigen Partialdruck und Konzentration an. Gut durchblutete Gewebe wie Gehirn, Herz, Leber und Niere sind schnell gesättigt. Diese benötigen ungefähr dreiviertel des Gases, was die Partialdruckdifferenz in der Lunge auf 25% senkt. Andere Gewebe wie Haut, Muskulatur und Fettgewebe erreichen erst nach Stunden ein Gleichgewicht. Der Partialdruck spielt die gleiche Rolle wie in der Lunge. Je grösser der Partialdruck, desto schneller verläuft die Diffusion. (Reinhard Larsen, 2013).

„In der Summe sind es also folgende Faktoren, die die Anflutung und damit den Wirkungseintritt eines Inhalationsanästhetikums beschleunigen: hoher Partialdruck des Anästhetikums in der Inspirationsluft, geringe funktionelle Residualkapazität, grosse alveoläre Ventilation, niedriges Herzzeitvolumen, hohe Hirndurchblutung, niedrige Löslichkeit der Substanz im Blut und hohe Löslichkeit im Gehirn.“
(Norbert Roewer, 2010, S. 52).

2.6 Elimination des Inhalationsanästhetikums

Zum grössten Teil werden die volatilen Anästhetika über die Lungen eliminiert. Ein kleiner Teil wird metabolisiert. Die bestimmenden Faktoren für die Geschwindigkeit des Abbaus sind nahezu identisch zu denen der Aufnahmephase. Je grösser die Ventilation, je niedriger die Löslichkeit und das Herzzeitvolumen, desto schneller verläuft die Elimination.

Wird der Atemluft kein Anästhetikum beigemischt, so fällt der Partialdruck im Blut ab und eine Druckdifferenz zwischen Gewebe und Blut entsteht. So wird das Gas zur Lunge zurückgeführt. Auch in der Lunge entsteht nun ein Druckgefälle und das Gas wird in die Alveolarluft aufgenommen und abgeatmet. Zunächst verläuft die Elimination aufgrund der höheren Druckdifferenz schnell, gegen Ende der Anästhesie langsam, da die Partialdruckdifferenz sinkt.

Auch die Narkosedauer ist von Bedeutung. Je länger die Narkose dauert, desto langsamer ist die Elimination. Dies lässt sich folgendermassen erklären: Das weniger gut durchblutete Gewebe ist oft nicht aufgesättigt und gibt somit, vor allem zu Beginn der Elimination, kein Anästhetikum ins Blut ab. Im Gegenteil, es nimmt das Gas weiterhin auf. Erst wenn der Partialdruck höher als der des Blutes ist, wird auch hier das Anästhetikum wieder ins Blut abgegeben. Zusätzlich verzögert die verminderte Durchblutung dieser Gewebe den Eliminationsprozess.

(Reinhard Larsen, 2013).

2.7 Metabolismus

Eine kleine Menge der Anästhetika wird über die Leber metabolisiert. Auch das könnte die Dauer der Aufwachphase beeinflussen.

(Reinhard Larsen, 2013).

2.8 Wirkstärke der Inhalationsanästhetika- Der MAC Wert

2.8.1 Definition MAC- Wert

„Die minimale alveoläre Konzentration eines Inhalationsanästhetikums MAC_{50} ist die alveoläre Konzentration, bei der 50% aller Patienten auf die Hautinzision nicht mehr mit Abwehrbewegungen reagieren.“

(Reinhard Larsen, 2013, S. 29).

Der MAC- Wert wurde an gesunden Patienten gemessen und immer bei 100% Sauerstoff bestimmt.

(Italo Castelli, 2014).

Der MAC- Wert ist ein Mass für den Partialdruck in der Alveole und im Gehirn, da nach Anfluten des Gases ein Druckgleichgewicht herrscht. Je niedriger der MAC- Wert, desto grösser die Wirkstärke.

(Reinhard Larsen, 2013).

2.8.2 Beeinflussung der minimalen alveolären Konzentration

Der MAC- Wert kann durch folgende Faktoren gesenkt beziehungsweise erhöht werden:

MAC senkende Faktoren	MAC erhöhende Faktoren
<ul style="list-style-type: none">• Barbiturate	<ul style="list-style-type: none">• Fieber: + 8% pro Grad Celsius
<ul style="list-style-type: none">• Benzodiazepine	<ul style="list-style-type: none">• Aethylismus
<ul style="list-style-type: none">• Opiate und andere Analgetika	<ul style="list-style-type: none">• Ephedrin (klinischer Gebrauch von 5-10 mg kein Einfluss)
<ul style="list-style-type: none">• Alter	
<ul style="list-style-type: none">• Schwangerschaft	
<ul style="list-style-type: none">• Hypoxie	
<ul style="list-style-type: none">• Hypothermie (5% pro Grad Celsius)	
<ul style="list-style-type: none">• Hypotonie	

(Italo Castelli, 2014, Folien 29 und 30).

2.9 Narkosetiefe bei Inhalationsanästhesien

Arthur Guedel beobachtete im Jahr 1920 den Ablauf einer Narkose. Er konnte sie dosisabhängig in vier Stadien einteilen. Die Patienten waren nicht prämediziert und wurden mit Äther narkotisiert. Die Einteilung erfolgte nach Beobachtung folgender klinischen Parametern:

- Atmung
- Pupillenveränderungen
- Augenbewegungen
- Reflexaktivität

(Reinhard Larsen, 2013).

2.10 Narkosestadien

2.10.1 Stadium I- Amnesie und Analgesie

„Dieses Stadium beginnt mit der Zufuhr des Anästhetikums und endet mit Erlöschen des Bewusstseins. Hierbei ist der Patient ansprechbar und kann Anweisungen durchführen. Schmerzlosigkeit ist zwar nicht vorhanden, jedoch besteht eine tolerantere Einstellung gegenüber Schmerzen.“

(Reinhard Larsen, 2013, S.31).

2.10.2 Stadium II- Exzitationsstadium

Das Eintreten der Bewusstlosigkeit steht am Anfang dieses Stadiums. Es endet mit dem Eintreten ins Toleranzstadium. Erregungen und unfreiwillige Bewegungen sind für dieses Stadium typisch. Der Tonus sämtlicher Skelettmuskeln inklusive der Kiefermuskulatur ist erhöht. Die Atmung ist unregelmässig und kann durch äussere Einflüsse beeinträchtigt werden. Ein Laryngospasmus ist denkbar. Würgen, Erbrechen, Harn- und Stuhlentleerung können ebenfalls eintreten. Die Pupillen erweitern sich, Blutdruck und Herzfrequenz steigen an.
(Reinhard Larsen, 2013).

„Das Exzitationsstadium ist besonders unerwünscht und sollte so rasch wie möglich durchlaufen werden.“
(Reinhard Larsen, 2013, S. 31).

2.10.3 Stadium III- Chirurgische Toleranz

Dieses Stadium ist das Ziel. Die Spontanatmung stoppt. Der chirurgische Eingriff kann nun vorgenommen werden.
(Reinhard Larsen, 2013).

2.10.4 Stadium IV- Vergiftung

In diesem Stadium brechen die Herzkreislaufunktionen zusammen. Die Pupillen sind maximal erweitert und reagieren nicht auf Licht.
(Reinhard Larsen, 2013).

STADIEN	ATMUNG		AUGEN				HUSTEN	SCHLÜCKEN	ERBRECHEN	SEKRETIONS-REFLEX	MUSKEL-TONUS		EINGRIFFE													
	BEWUSSTSEIN	THORAX	ZWERCHFELL	AUGENBEWEGUNGEN	PUPILLENGRÖSSE	REFLEXE					SKELETT	ABDOMINAL														
						LID								BINDEHAUT	HORNHAUT	LICHT										
ANALGESIE	↓	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	VERBAND-WECHSEL INCISION ZAHNBEHANDLUNG												
EXCITATION	↓	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	○	○	—	—	—	▲	▲	▲	▲	▲	KEINE												
TOLERANZ	↓	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	HAUT KNOCHEN EXTREMITÄTEN (OHNE ER-SCHLAFUNG)												
															1. STUFE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
															2. STUFE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3. STUFE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ABDOMEN												
ASPHYXIE	↓	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	KEINE											
4. STUFE	↓	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—											

Abb. 2. Die verschiedenen Anästhesiestadien und das Verschwinden der Reflexe gemäß Arthur E. Guedel (1883–1956)

Abbildung 5:

Narkosestadien gemäss Arthur E. Guedel.
(Guedel A. E. 1933. Abgefragt am 28.11.2014, von

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guedel_Narkosestadien.jpg)

2.11 Pharmakologie der Inhalationsanästhetika

Die volatilen Anästhetika unterscheiden sich in ihren physikalischen Eigenschaften, jedoch treten bei allen dosisabhängige Nebenwirkungen auf, die sich nicht wesentlich unterscheiden.

„Die Sicherheitsbreite der Inhalationsanästhetika ist gering. Bereits das zwei- bis vierfache der üblichen anästhetischen Dosis kann einen Herz- Kreislaufstill hervorrufen.“

(Reinhard Larsen, 2013, S. 32).

2.12 Physikalische Eigenschaften von Sevofluran

Sevofluran ist eine Flüssigkeit mit Äthergeruch. Sie ist farblos und nicht brennbar. Die Flüssigkeit ist in Blut und Fett schlecht löslich. Der Blut/Gas- Verteilungskoeffizient ist demnach niedrig.

(Reinhard Larsen, 2013).

Eigenschaften von Sevofluran	
Molekulargewicht	200.06 D
Spezifisches Gewicht bei 20°C	1.53
Siedepunkt	58.5°C
Dampfdruck bei 20°C	160 mmHG
Blut/Gas- Verteilungskoeffizient	0.69
MAC ₅₀ - Wert	2.05 Vol.% in 100% O ₂
Stabilisatorzusatz	Keiner
Signifikante Fluoridfreisetzung	Ja
Metabolisierungsrate	3-5%
Interaktion mit Absorberkalk	Ja

(Reinhard Larsen, 2013, S. 41).

2.13 Pharmakodynamik

In den folgenden Abschnitten werden die Auswirkungen auf verschiedene Organsysteme des Körpers durch volatile Anästhetika, hauptsächlich Sevofluran, erklärt.

2.13.1 Wirkungen auf das zentrale Nervensystem

Bewusstsein

„Bei Konzentrationen über 1 MAC zeigt sich eine dosisabhängige Verminderung der EEG- Aktivität in einer Abnahme der mittleren Frequenzen bis hin zu einem „Burst-suppression“- Muster.“

(Rolf Rossaint, 2012, S. 282).

Stoffwechsel

Der Stoffwechsel des Zentralnervensystems wird durch Inhalationsanästhetika vermindert.

(Rolf Rossaint, 2012).

Durchblutung

Volatile Anästhetika wirken im Gehirn vasodilatierend. Ab 1 MAC nimmt der zerebrale Blutfluss zu. Mit Sevofluran sind diese Wirkungen am geringsten. Kontrollierte Hyperventilation verhindert oder vermindert zumindest den vermehrten zerebralen Blutfluss.

(Rolf Rossaint, 2012).

Autoregulation

Mit Sevofluran bis 1 MAC wird die Autoregulation nicht wesentlich beeinflusst. Erst ab MAC Werten über 1.5 können Störungen auftreten.

(Rolf Rossaint, 2012).

Intrakranieller Druck

Durch den vermehrten Blutfluss aufgrund der zerebralen Vasodilatation kann der intrakranielle Druck bei neurologischen Patienten ansteigen. Die Auswirkungen von Sevofluran sind, gegenüber anderen Gasen, am geringsten.

(Rolf Rossaint, 2012).

2.13.2 Wirkungen auf das Herz- Kreislauf- System

Herzfrequenz

Bei Sevofluran kann die Herzfrequenz geringfügig ansteigen.

(Rolf Rossaint, 2012).

Myokardiale Kontraktilität, arterieller Blutdruck und Herzzeitvolumen

„Aus der Hemmung des langsamen Kalziumeinstroms durch die Zellmembran und einer Funktionsbeeinträchtigung des sarkoplasmatischen Retikulums ergibt sich eine Reduktion des für die Kontraktion zur Verfügung stehenden Kalziums.“

(Rolf Rossaint, 2012, S. 285).

Aufgrund der negativen Inotropie und der vasodilatierenden Wirkung wird der arterielle und somit der mittlere arterielle Blutdruck gesenkt. Sevofluran senkt den Blutdruck vor allem aufgrund der Vasodilatation.

(Rolf Rossaint, 2012).

Myokardiale Durchblutung

Durch die oben genannten Faktoren wird auch der myokardiale Sauerstoffverbrauch gesenkt. Sevofluran beeinflusst die Durchblutung der Herzkranzgefäße nicht wesentlich.

(Rolf Rossaint, 2012).

2.13.3 Wirkungen auf das respiratorische System

Atemmechanik

Sämtliche Gase senken das Atemzugvolumen, wodurch im Gegenzug die Atemfrequenz ansteigt. So wird das Atemminutenvolumen nicht wesentlich verändert. Jedoch wird die Totraumventilation vergrößert, was zu einer alveolären Hypoventilation mit Hyperkapnie führt. Sevofluran reduziert die Zwerchfellkontraktilität (im Tierversuch).

(Rolf Rossaint, 2012).

Atemantrieb

Der Atemantrieb durch CO₂-Anstieg und Hypoxie ist dosisabhängig gedämpft. Das Atemzentrum ist beeinträchtigt und die Sauerstoffrezeptoren in der Glomera carotica, welche auf Hypoxie reagieren, sind gehemmt. Dies kann unter Umständen auch Stunden nach der Anästhesie noch anhalten. Aufgrund der schnellen Elimination von Sevofluran ist die postoperative Atemdepression gering.

(Rolf Rossaint, 2012).

Atemwiderstand

Bei normalen Verhältnissen im Bronchialgewebe ist der Atemwiderstand nur geringfügig verändert. Allerdings konnte festgestellt werden, dass bei obstruktiven Lungenerkrankungen der bronchiale Widerstand mit Sevofluran gesenkt werden kann.

(Rolf Rossaint, 2012).

Hypoxische pulmonale Vasokonstriktion

Sevofluran vermindert den Effekt der hypoxischen pulmonalen Vasokonstriktion. Das heisst der Rechts- Links- Shunt wird nicht oder nur unzureichend behoben. Folglich sinkt der Sauerstoffpartialdruck im arteriellen Blut.

(Rolf Rossaint, 2012).

2.13.4 Wirkungen auf die Niere

Durchblutung und Nierenfunktion

Die renale Durchblutung wird durch Sevofluran dosisabhängig gesenkt, insbesondere bei niedrigem mittlerem arteriellem Druck. Die Beobachtungen wurden bereits bei MAC- Werten von 0.75 gemacht.

Ausserdem werden die glomeruläre Filtrationsrate wie auch die Urinausscheidung gesenkt.

(Rolf Rossaint, 2012).

Nephrotoxizität

Die Entstehung von Fluoriden durch die hepatische Metabolisierung schädigt vor allem in hohen Konzentrationen die Niere. Dies führt auch zu kardialen Symptomen.

(Rolf Rossaint, 2012).

„Jedoch fanden sich weder bei nierengesunden noch bei niereninsuffizienten Patienten stichhaltige Hinweise auf eine relevante Beeinträchtigung der Nierenfunktion durch Sevofluran. Reversible subklinische Störungen der Tubulusfunktion scheinen möglich. Nach Sevoflurananästhesie von im Mittel 14 MAC- Stunden war bei chirurgischen Patienten die maximale Konzentrierfähigkeit der Niere statistisch nicht signifikant vermindert.“

(Rolf Rossaint, 2012, S. 288).

2.13.5 Wirkungen auf die Muskulatur

Alle halogenisierten Anästhetika, also auch Sevofluran, haben eine relaxierende Wirkung auf die quergestreiften und glatten Muskeln. So lässt sich die vasodilatierende Wirkung an den Gefäßen erklären.

Die Wirkung von nichtdepolarisierenden Muskelrelaxantien wird verstärkt, somit ist der Dosisbedarf erniedrigt.

(Rolf Rossaint, 2012).

2.13.6 Maligne Hyperthermie

Die maligne Hyperthermie ist eine Anästhesiekomplikation, die schnell zum Tod führen kann. Sevofluran, sowie alle anderen volatilen Anästhetika, sind Auslöser von maligner Hyperthermie. Falls diese Disposition bekannt ist, muss unbedingt auf Gas verzichtet werden.

(Rolf Rossaint, 2012).

2.13.7 Postoperative Übelkeit und Erbrechen

Das Risiko für postoperative Übelkeit und Erbrechen (im Folgenden mit PONV abgekürzt) nach Allgemeinanästhesien wird durch spezielle Faktoren begünstigt. Übelkeit und Erbrechen dienen als Schutzreflex für giftige Stoffe.

Risikofaktoren

- Patientenabhängig:
 - Weibliches Geschlecht
 - Nichtraucher
 - Anamnese von PONV bei vorausgegangener Narkose
 - Anamnese von Reisekrankheit
- Eingriff- und Narkosespezifisch:
 - Lange Operationsdauer
 - Verwendung von volatilen Anästhetika
 - Hochdosierte Antagonisierung des neuromuskulären Blocks
- Postoperative Faktoren:
 - Opioidgabe
 - Bewegungsreize

(Rolf Rossaint, 2012).

Die postoperative Übelkeit mit anschliessendem Erbrechen ist eine häufige Nebenwirkung einer Allgemeinanästhesie. Ungefähr 30% aller Patienten leiden darunter. Wie genau Anästhetika Übelkeit und Erbrechen verursachen, ist nicht im Detail bekannt. Stimuli, die aus dem Pharynx, dem Gastrointestinaltrakt und dem zentralen Nervensystem an das Brechzentrum in der Formatio reticularis weitergeleitet werden, scheinen von Bedeutung zu sein. Verschiedene Rezeptorwirkungen wurden untersucht, jedoch finden sich keine eindeutigen Antworten. Sevofluran verursacht jedoch laut Statistiken mehr PONV, als beispielsweise Propofol, ist aber mit anderen Inhalationsanästhetika zu vergleichen.

(Peter Tonner, Lutz Hein, 2011).

2.13.8 Organprotektion

Ischämische Präkonditionierung am Herz

Kurze Intervalle von Ischämie und Reperfusion, vier mal fünf Minuten, vor einer längeren Ischämie von 40 Minuten senken die Infarktgrösse und die Myokarddysfunktion.

Das heisst ein Patient mit instabiler Angina pectoris 24 Stunden vor einem Infarkt, hat ein besseres Outcome, als Patienten die vor dem Infarkteintritt asymptomatisch waren. In Fachzeitschriften wird dieses Phänomen als „warm up angina“ bezeichnet. (Christian Frey, 2014).

Anästhetikainduzierte Präkonditionierung am Herz

„Ischämische Präkonditionierung beschreibt einen Schutzmechanismus, der durch kurze Ischämiephasen die Resistenz der Zellen, gegenüber folgenden, länger dauernden Ischämien erhöht. An manchen Geweben können auch volatile Anästhetika einen der ischämischen Präkonditionierung in der Effektivität vergleichbaren Schutzmechanismus induzieren. In erster Linie sind hier Myokard und ZNS zu erwähnen, Hinweise gibt es auch für eine Protektion weiterer Organe wie Leber, Niere, Lunge und Darm.“

(Rolf Rossaint, 2012, S. 289).

Kardioprotektion

Die Auswahl des Anästhetikums scheint in Bezug auf kommende Myokardischämien von Bedeutung zu sein. Es werden zwei Zeitfenster unterschieden. Die Gabe von Sevofluran (oder anderen volatilen Anästhetika) vor einer Ischämie hat im Tierexperiment das Ausmass eines Infarktes halbiert. Dies hält selbst noch an, wenn die Gabe bereits beendet wurde.

Das zweite Zeitfenster, welches von Bedeutung zu sein scheint, ist die Zeit unmittelbar nach einer Ischämie. Sevofluran schützt das Myokard gegen Reperfusionsschäden, der sogenannten Anästhetika-induzierten Postkonditionierung. Auch hier wurde die Infarktgrösse halbiert. Dieser Schutz ist auch wirksam, wenn bereits Kardioplegielösungen verabreicht wurden. Kombiniert man beide Protektionsstrategien, wird der Effekt verstärkt. In der nachfolgend beschriebenen Studie wurde die Wirkung bei Patienten untersucht, die sich einer koronaren Bypassoperation unterziehen mussten.

Eine Versuchsgruppe wurde mit Propofol anästhesiert, die andere erhielt eine Sevoflurannarkose.

Die Sevoflurangruppe wies deutlich weniger Troponinfreisetzung auf. Ein Zeichen für verminderten Zelluntergang. Die Patienten mit einer Sevoflurananästhesie hatten eine bessere postoperative Ventrikelfunktion, sowie einen höheren Blutdruck. Der Aufenthalt auf der Intensivstation, wie auch die gesamte Spitalliegedauer wurden kürzer. Die Autoren halten aber fest, dass eine abschliessende Bewertung nicht eindeutig möglich sei.

(Andreas Hoeft, Wolfgang Buhre, 2008).

2.14 Praxis der balancierten Anästhesie (nach Larsen 2013)

2.14.1 Einleitung der Narkose

Eine Allgemeinanästhesie kann inhalativ oder intravenös eingeleitet werden. Die Einleitungsphase wird wesentlich durch intravenöse Anästhetika verkürzt. Die Wahl fällt häufig auf Propofol oder Thiopental zuzüglich eines Opiates und eines Muskelrelaxans. Da diese Medikamente nur eine kurze Wirkdauer aufweisen, muss nach der Intubation sofort das Inhalationsanästhetikum in hoher inspiratorischer Konzentration zugeführt werden.

(Reinhard Larsen, 2013).

2.14.2 Aufrechterhaltung der Narkose

Die inspiratorische Konzentration des Anästhetikums muss nach Erreichen der gewünschten Konzentration gedrosselt werden. Die Partialdrücke in den Alveolen, im Blut und im Gewebe nähern sich einem Gleichgewicht. Die zugeführte Menge des Gases orientiert sich zunächst am MAC- Wert. Die Konzentration wird jedoch dem Patienten, der Art des Eingriffs und weiteren MAC beeinflussenden Faktoren, wie Opiate, angepasst. Die Narkose muss ausreichend tief sein, jedoch mit geringstmöglichen Nebenwirkungen.

(Reinhard Larsen, 2013).

2.14.3 Ausleitung der Anästhesie

„Wann die Zufuhr des Anästhetikums unterbrochen wird, hängt vor allem von der Dauer der Narkose ab: Nach langen Narkosen muss hiermit früher begonnen werden, weil die Gewebe beträchtliche Mengen des Anästhetikums aufgenommen haben und hierdurch das Erwachen verzögert wird.“ ... „Nach Abstellen des Narkoseverdampfers wird Sauerstoff mit hohem Flow zugeführt, um das Narkosesystem von den restlichen Narkosegasen freizuspülen, durch deren Einatmen das Erwachen verzögert würde.“

(Reinhard Larsen, 2013, S. 52).

Das Exzitationsstadium wird in der Ausleitungsphase nochmals durchlaufen und kann zu folgenden Komplikationen führen:

- Laryngospasmus
- Bronchospasmus
- Husten
- Würgen und Erbrechen

Die Extubation wird niemals im Exzitationsstadium vorgenommen. Der Tubus wird erst entfernt, wenn eine suffiziente Spontanatmung festgestellt werden kann. (Reinhard Larsen, 2013).

2.15 Compound A

Nach der hepatischen Metabolisierung von Sevofluran entsteht Fluorid. Durch die Reaktion mit dem CO₂- Absorber entsteht die sogenannte Compound A. In Testreihen mit Ratten konnte eine Nephrotoxizität festgestellt werden. Allerdings sind Nierenschäden aufgrund von Compound A beim Menschen nicht nachgewiesen worden. Inhalationsanästhesien mit Minimal- Flow und Low- Flow weisen vermehrt Compound A auf.

(Reinhard Larsen, 2013).

Die Bildung von Compound A wird begünstigt durch:

- niedrigen Feuchtigkeitsgehalt im CO₂- Absorber
- hohe Sevoflurankonzentrationen
- geringen Frischgasfluss
- höhere Temperaturen (starke CO₂- Absorption erhöht die Absorbertemperatur)
- Zusammensetzung des Atemkalks

(Rolf Rossaint, 2012, S. 290).

„Neun Jahre nach der Zulassung gibt es weltweit bei chirurgischen Patienten keine dokumentierte Nierenfunktionsstörung, die ursächlich mit einer Sevoflurannarkose in Verbindung gebracht wird.“ ... „Auch die neuste Auswertung von gepoolten Labordaten aus mehreren klinischen Studien ergab keinen Hinweis auf die Auslösung klinisch evidenter Nierenfunktionsstörungen.“

(F.M. Reichle, 2001, S. 155).

Allerdings gibt es Arbeiten, die berichten, dass eine vorübergehende Veränderung von Nierenwerten nachweisbar sei. Dies nach einer vier- bis achtstündigen Narkose mit Sevofluran, jedoch noch keine bleibende Veränderung.

(F.M. Reichle, 2001).

2.16 Exposition des Personals

Aufgrund einer Studie, die in „Der Anästhesist“ veröffentlicht wurde, konnten folgende Empfehlungen beziehungsweise Beobachtungen gemacht werden.

Die Sevoflurankonzentrationen in der Umgebungsluft des Operationssaals sind abhängig von:

- der Art des Narkosesystems, dem räumlichen Abstand zum Patienten und der Raumklimatisierung
- der Art der Beatmung: Narkosen mit geblocktem Tubus oder Larynxmaske weisen niedrige Konzentrationen auf, Maskennarkosen weisen signifikant höhere Sevoflurankonzentrationen auf
- der Häufigkeit der Wechsel: Operationssäle mit kurzen Eingriffen enthalten höhere Konzentrationen in der Luft
- die Art der Einleitung: inhalative Einleitung vs. intravenöse Einleitung

Welche Auswirkungen Sevofluran tatsächlich auf das Personal hat, wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Gentoxische, reproduktionstoxische, kanzerogene und neurotoxische Effekte sind denkbar.

(F. Schiewe- Langgartner, 2005).

2.16.1 Schwangerschaft, Spontanaborte, Missbildungen

Es besteht das Risiko einer erhöhten Zahl von Spontanaborten und Missbildungen beim Personal, das vor oder während einer Schwangerschaft Inhalationsanästhetika exponiert war. Zehn retrospektive Studien stellten eine anderthalb bis zweifach höhere Zahl an Aborten fest. Auch bei Partnerinnen von Männern, welche dem Gas ausgesetzt waren, wurden erhöhte Spontanabortraten festgestellt. Die tatsächlichen Auswirkungen von Inhalationsanästhetika sind jedoch umstritten, da die Untersuchungsmethodik in gewissen Studien angezweifelt wird.

(Martin Rügger, Marcel Jost, Alexander Meier et al., 2000).

Auch in den Untersuchungen der SUVA vom Jahr 2000 wurden die technischen Einrichtungen überprüft. Es wurden ähnliche Ergebnisse wie die der oben erwähnten Studie festgestellt.

Ergänzend wird erwähnt, dass Low- Flow- Anästhesien günstiger seien. Ausserdem wurden Leckagen am Beatmungssystem überprüft. Häufig aufgetretene Leckagen wurden beim CO₂- Absorber und einem undicht schliessenden Überdruckventil festgestellt.

Allgemein ist hier zu erwähnen, dass Sevofluran nicht bei allen Tests Bestandteil war. Jedoch können wohl, vor allem was das Beatmungssystem angeht, ähnliche Ergebnisse erwartet werden.

(Martin Rügger, Marcel Jost, Alexander Meier et al., 2000).

2.17 Sevoflurannarkosen bei bestimmten Krankheitsbildern

2.17.1 Allgemeinanästhesie mit Sevofluran bei Lungenerkrankungen

Aufgrund der bronchodilatierenden Wirkung von Sevofluran eignet sich dieses Narkoseverfahren speziell für Patienten mit chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen. Der Atemwegswiderstand wird gesenkt und die Oxygenierung verbessert. Sevofluran bietet ebenfalls Vorteile bei hyperreagiblen Bronchialsystemen. Der Patient kann bei suffizienter spontaner Atmung schlafend extubiert werden. Das Risiko eines Bronchospasmus wird dadurch verringert.

Bei Pneumonien, akutem Lungenversagen und Ein- Lungen- Anästhesien wird mit Sevofluran der hypoxisch- pulmonalvaskuläre Reflex gedämpft. Der Rechts- Links-Shunt in der Lunge wird also vergrößert, beziehungsweise nicht reduziert und verschlechtert massgeblich die Oxygenierung. Dies sollte in die Entscheidung des Anästhesieverfahrens miteinbezogen werden.

(Frank Wappler, Peter H. Tonner, Hartmut Bürkle, 2011).

2.17.2 Allgemeinanästhesie mit Sevofluran beim kardialen Risikopatienten

Bei kardial vorbelasteten Patienten und hohem Risiko für Myokardischämien empfiehlt sich die Auswahl von Sevofluran für den Anästhesieunterhalt. Da die ventrikuläre Arbeit gesenkt wird, nimmt auch der Sauerstoffverbrauch des Myokards ab. Ausserdem hat Sevofluran nur verschwindend geringe Auswirkungen auf die Herzfrequenz. Tachykardien unter Sevoflurannarkosen werden nur selten beobachtet, somit treten auch weniger Myokardischämien aufgrund von Tachykardien auf. Die anästhetikainduzierte Präkonditionierung durch Sevofluran ist für kardiale Risikopatienten vorteilhaft.

(Frank Wappler, Peter H. Tonner, Hartmut Bürkle, 2011).

2.17.3 Allgemeinanästhesie mit Sevofluran bei Niereninsuffizienz

„Alle modernen volatilen Anästhetika können bei niereninsuffizienten Patienten ohne ernsthafte Gefahr einer dauerhaften Verschlechterung der Nierenfunktion verwendet werden, wenngleich sie eine reversible Einschränkung der Nierenfunktion mit vorübergehende Abnahme der glomerulären Filtrationsrate, der Diurese, der Natriumausscheidung im Urin und- widersprüchlich beurteilt- des renalen Blutflusses verursachen.“

(Albert Benzing, Benedikt Panner, 2009, S. 572).

2.18 Sevoflurannarkosen bei bestimmten Eingriffen

2.18.1 Gynäkologische laparoskopische Eingriffe

In einer Studie von 1999 wurden 60 Patientinnen hinsichtlich der Hämodynamik, des Aufwachverhaltens, der postoperativen Nebenwirkungen und der Patientenzufriedenheit untersucht. Die Anästhesien wurden mit Sevofluran/Fentanyl oder Propofol/Remifentanyl geführt. Die hämodynamischen Auswirkungen während der Einleitung und dem ganzen Eingriff waren bei beiden Anästhesietechniken vergleichbar. Auch der postoperative Schmerzmittelbedarf war gleich.

Die Aufwachphase und das Erreichen einer suffizienten Spontanatmung verliefen bei der Propofol/Remifentanyl- Gruppe wesentlich schneller. Das persönliche Empfinden der Patientinnen bezüglich postoperativer Wachheit wurde mit sehr gut bewertet.

Erstaunlicherweise war die PONV- Inzidenz in beiden Gruppen gleich.

Die allgemeine Zufriedenheit der Patientinnen wurde in der Propofolgruppe überwiegend mit sehr gut bewertet, die Sevoflurangruppe mehrheitlich mit gut. Die positiven Ergebnisse sind auf die gute postoperative Wachheit und das Ausbleiben von Übelkeit und Erbrechen zurückzuführen.

(S. Juckenhöfel, C. Feisel, H.J. Schmitt et al., 1999).

2.18.2 Sevofluran bei der Einlungenventilation

Durch die einseitige Ventilation wird der Rechts- Links Shunt in der Lunge zunächst vergrößert. Durch das Phänomen der hypoxischen pulmonalen Vasokonstriktion (HPV) wird dieser Shunt verkleinert. Inhalationsanästhetika senken den Effekt der HPV dosisabhängig und kontaminieren aufgrund der häufigen Diskonnektion von Tubus und Beatmungsschläuchen die Umgebung im Operationssaal. Die Einlungenventilation induziert eine entzündliche Wirkung in der beatmeten Lunge und eine SIRS- Reaktion (SIRS= Systemic Inflammatory Response Syndrome) wäre möglich.

Einige Studien bezeichnen eine Anästhesie mit Inhalationsanästhetika als Nachteil, da im Gegensatz zur TIVA eine schlechtere Oxygenierung erreicht wird.

Andererseits soll Sevofluran eine antiinflammatorische Wirkung haben und so die SIRS- Reaktion vermindert werden.

(Rolf Rossaint, 2012).

„Eine Metanalyse von neun Studien an 291 Patienten ergab keinen Unterschied im Outcome der Patienten nach Inhalations- oder i.v.- Anästhesie bei Einlungenventilation.“

(Rolf Rossaint, 2012, S. 992).

2.18.3 Sevofluran in der Neurochirurgie

Gase bewirken dosisabhängig eine zerebrale Vasodilatation. Der zerebrale Blutfluss und der intrakranielle Druck (ICP) werden gesteigert. Der Sauerstoffverbrauch im Gehirn wird gesenkt. Volatile Anästhetika sind also nur für Eingriffe ohne ICP- Problematik geeignet. Allgemein sind Inhalationsanästhetika, also auch Sevofluran, eher ungeeignet.

(Phillip Roeber, 2014).

2.18.4 Sevofluran in der Herzchirurgie

Der herzchirurgische Patient ist als Hochrisikopatient zu behandeln. Bei diesen Eingriffen ist also ein Anästhesieverfahren zu wählen, das möglichst wenige Auswirkungen auf das Herz- Kreislaufsystem hat. Eine balancierte Anästhesie mit Sevofluran und Opioiden erfüllt diese Anforderungen weitgehend. Zudem wird der Effekt der anästhetikainduzierten Präkonditionierung genutzt. Sevofluran ist deshalb bereits vor der Ischämiephase einzusetzen.

(Reinhard Larsen, 2013).

2.19 Befragungen von Personen aus dem direkten Arbeitsumfeld

Die Befragungen wurden unter Einverständnis und Überprüfung der Wortlaute durch die einzelnen Personen genehmigt. Allen Gesprächspartnern wurden dieselben Fragen gestellt. Die Erfassung von persönlichen Meinungen und Erfahrungen stehen hier im Mittelpunkt.

Fragen:

- Welche Vorteile bietet eine Narkose mit Sevofluran?
- Welche Nachteile bringt eine Sevoflurannarkose mit sich?
- Unter welchen Umständen verwendest du Sevofluran?
- Wann verzichtest du auf Gasnarkosen?

2.19.1 Befragung von Dr. med. Robert Simmen

„Meine allgemeine Haltung zu Gasnarkosen ist positiv. Ich verwende Sevofluran bei COPD- Patienten oder anderen obstruktiven Erkrankungen. Der bronchodilatierende Effekt zeigt sich in der Praxis immer wieder. Ausserdem gehört Sevofluran zum Standard in der Herzanästhesie, wobei der präkonditionierende Effekt vorteilhaft genutzt werden kann. Obwohl sich klinisch kein relevanter Unterschied, beispielsweise zu Propofol zeigt, können im Labor diese Effekte nachgewiesen werden.

Für ambulante Patienten finde ich Sevofluran oder allgemein Gas ebenfalls vorteilhaft. Mit einer Larynxmaske kann ich die Anästhesie unter Erhaltung der Spontanatmung führen.

Ausserdem setze ich Sevofluran ein, wenn die Anästhesie mit Propofol/ Remifentanyl nicht ausreichend ist. Die Narkose kann vertieft werden und die hämodynamischen Auswirkungen sind gering.

Ein weiterer Vorteil von Gasanästhesien ist die Erfassung der effektiv zugeführten Menge an den Patienten. Durch den Monitor am Respirator kann ich zuverlässig ablesen, wieviel Gas tatsächlich beim Patienten angekommen ist. Bei intravenösen Anästhesien, insbesondere bei angelagerten Armen und keinem direkten Zugang zur peripheren Venenkanüle, kann die zugeführte Menge des Anästhetikums nicht zuverlässig beobachtet werden.

Bei einer PONV Anamnese verzichte ich auf Gasanästhesien. Allerdings konnte ich in der Vergangenheit auch Gegenteiliges beobachten. Bei einem Patienten mit wiederholter PONV nach Allgemeinanästhesien jeglicher Art, setzte ich trotzdem Sevofluran ein, selbstverständlich liess ich ihm eine vollumfängliche PONV- Prophylaxe zukommen. Nach dieser Anästhesie litt der Patient nicht an Übelkeit und Erbrechen. Deshalb gilt meiner Meinung nach nicht: Gas gleich Erbrechen, kein Gas gleich kein Erbrechen.“

(Simmen, R. Dr. med., Facharzt für Anästhesiologie, 28.11.2014).

2.19.2 Befragung von Frau Dr. med. Marianne Schmid Nöthiger

„Grundsätzlich halte ich intravenöse Anästhesien für besser. Die PONV- Rate liegt deutlich tiefer, das Exzitationsstadium wird so weitgehend umgangen und das allgemeine postoperative Wohlbefinden der Patienten ist sehr gut. In ausgewählten Situationen wende ich jedoch Sevofluran an. In der Herzchirurgie ist Sevofluran angebracht und meiner Meinung nach indiziert. Die Präkonditionierung des Herzens soll von Nutzen sein. Sevofluran wird auch in den extrakorporellen Kreislauf der Herz-Lungen- Maschine eingebaut. Auch Patienten mit einer niedrigen Auswurffraktion und niedrigem Preload profitieren von Sevofluran, da Propofol diese Probleme zusätzlich verstärkt. Sevofluran beugt nicht direkt vor, jedoch sind die Nebenwirkungen auf Herz und Gefässsystem geringer.

In der Kinderanästhesie würde ich ebenfalls Sevofluran verwenden, jedoch haben wir in unserer Klinik nur Kinder eines gewissen Alters und diese werden auch mittels Propofol anästhesiert.

Obstruktive Patienten können besser beatmet werden, so wäre auch dies eine Indikation für Sevofluran.

Ich persönlich verwende bei niereninsuffizienten Patienten sicherlich kein Sevofluran.“

(Schmid Nöthiger, M., Fachärztin für Anästhesiologie, 1.12.2014).

2.19.3 Befragung von Dr. med. Laszlo Szolansky

„Ich verwende Sevofluran immer dann, wenn Patienten von der kardioprotektiven Wirkung profitieren können, allen voran die herzchirurgischen Patienten.

Eine Sevoflurannarkose ist für mich indiziert, wenn ein Patient in der Vergangenheit eine Awareness erleben musste. Mit Sevofluran kann ich sicher sein, dass sie sich an nichts erinnern.

Patienten, die während einer Narkose übermässige Mengen an Medikamenten benötigen, sind ebenfalls Kandidaten für die Verwendung von Sevofluran. Es sind beispielsweise Patienten unter Alkohol- oder Heroinabusus oder langzeitsedierte Patienten der Intensivstation, die lange unter Dormicumeinfluss standen.

In der Leberchirurgie ist Sevofluran mein Anästhetikum der Wahl, da ich Propofol und dessen Wirkung auf die Leber umgehen möchte.

Kinderanästhesien würde ich ebenfalls mit Sevofluran führen. In seltenen Fällen unterstütze ich die Narkose in der Neurochirurgie mit Sevofluran, jedoch nie in Konzentrationen über 1 MAC. Der Gedanke dahinter ist die vermutete hirnpotektive Wirkung. Sevofluran ist meiner Meinung nach bei anamnestisch ausgeprägter PONV kontraindiziert. Auch bei erhöhtem Hirndruck verwende ich auf keinen Fall Gas.

Niereninsuffizienz ist kein Argument, um Sevofluran nicht zu verwenden. Die Dauer der Anästhesie ist hier meiner Meinung nach entscheidend.“

(Szolansky, L., Facharzt für Anästhesiologie, 1.12.2014).

3 Schlussteil

3.1 Abschliessende Beantwortung der Fragestellungen

Zentrale Fragenstellung

„Welche Vor- und Nachteile haben Inhalationsanästhesien mit Sevofluran, für welche Eingriffe sind sie geeignet und aus welchen Gründen sind sie bei anderen Operationen ungeeignet?“

Zunächst werden die Vor- und Nachteilen einer Inhalationsanästhesie mit Sevofluran thematisiert.

Wie beinahe alle Anästhetika hat Sevofluran Einfluss auf das Herzkreislaufsystem. Es wirkt negativ inotrop und senkt aufgrund dessen und der vasodilatierenden Wirkung den Blutdruck. Das ist zwar ein negativer Nebeneffekt, weil aber die Alternativen, zum Beispiel Propofol, nicht wesentlich besser sind, ist dieser Punkt für die Entscheidung nicht relevant oder bedeutsam. Der verminderte Sauerstoffverbrauch des Myokards ist als positiv zu bewerten, auch weil die koronare Durchblutung nicht merklich beeinflusst wird.

Der Effekt der Präkonditionierung am Herz ist ein positiver Aspekt von Sevofluran. Speziell bei koronaren Herzkrankheiten, also Patienten die eher einen Herzinfarkt erleiden. In der Herzchirurgie sollte deshalb Sevofluran verwendet werden. Obwohl der Mechanismus nicht eindeutig geklärt ist, kann der vorteilhafte Effekt nicht ignoriert werden und somit ist Sevofluran indiziert. Es sei denn es liegt eine Kontraindikation gegenüber Sevofluran vor.

Die Auswirkungen auf das respiratorische System sind im Allgemeinen eher negativ zu betrachten. Da der Atemantrieb durch CO₂ und Hypoxie gedämpft wird, ist auch hier eine maschinelle Beatmung von Nöten. Allerdings wurde durch die Gespräche mit meinen ärztlichen Kollegen deutlich, dass eine Spontanatmung mit einer Larynxmaske, beispielsweise in der Handchirurgie, durchaus möglich ist. So könnten die negativen Auswirkungen der positiven Druckbeatmung umgangen werden. Die Senkung der hypoxischen pulmonalen Vasokonstriktion zur Verminderung des Rechts- Links- Shunts sehe ich als negativen Nebeneffekt. Die bronchodilatierende Wirkung von Sevofluran ist besonders bei COPD- Patienten effektiv. Die Beatmungsdrücke können gesenkt werden und so sind die hämodynamischen Auswirkungen durch die Beatmung geringer.

Bezüglich Compound A und Nephrotoxizität von Sevofluran ist für mich die Sachlage nach wie vor unklar. Sämtliche Quellen beschreiben vorübergehende Auswirkungen auf die Niere. Auch wenn keine bleibende Schädigung der Niere zu erwarten ist, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, wie das Outcome des Patienten aussehen wird. Bei nierengesunden Patienten scheint die Verwendung von Sevofluran unproblematisch. Beim niereninsuffizienten Patienten verzichte ich auf Sevofluran.

Ein weiteres Argument für den Verzicht auf Sevofluran ist die Disposition einer malignen Hyperthermie. Hier ist in jedem Fall auf Gas jeglicher Art zu verzichten. Diese Komplikation kann sehr schnell zum Tod führen.

Der Hauptgrund wieso auf Sevofluran verzichtet wird, ist wohl das erhöhte Risiko von PONV. Zumindest wird dies bei uns in der Klinik deutlich. Da die postoperative Zufriedenheit der Patienten häufig am Ausbleiben von Übelkeit und Erbrechen gemessen wird, verzichtet man häufig auf Gas. Mehrere Studien zeigen aber, dass Sevofluran nicht zwangsläufig mehr PONV verursacht als andere Gase.

Im folgenden Abschnitt werden eingriffsspezifische Aspekte beschrieben und somit Teil zwei der Kernfrage beantwortet:

„Welche Vor- und Nachteile haben Inhalationsanästhesien mit Sevofluran, für welche Eingriffe sind sie geeignet und aus welchen Gründen sind sie bei anderen Operationen ungeeignet?“

Im Prinzip ist Sevofluran bei Eingriffen nicht geeignet bei denen ein erhöhtes PONV-Risiko besteht. Beispielsweise in der Gynäkologie oder HNO- Chirurgie tritt vermehrt PONV auf. So könnte eine Anästhesie mit Sevofluran das PONV- Risiko noch erhöhen. Propofol als Anästhetikum ist hier indiziert.

Der herzchirurgische Patient profitiert von der anästhetikainduzierten Präkonditionierung durch Sevofluran. Wenn Sevofluran bereits vor der Ischämie eingesetzt wird, kann der positive Effekt vergrößert werden. Eine balancierte Anästhesie mit Sevofluran und Opiaten hat niedrige Auswirkungen auf das Herzkreislaufsystem, was hier speziell erwünscht ist.

Bei Eingriffen an der Lunge, die eine Einlungenventilation verlangen, kann Sevofluran problemlos eingesetzt werden. Auch hier kann die bronchodilatierende Wirkung vorteilhaft sein. Zudem hat Sevofluran einen antiinflammatorischen Effekt.

In der Neurochirurgie sollte auf Sevofluran verzichtet werden, da der intrakranielle Druck ansteigt. Unter Umständen kann über eine niedrige Konzentration (unter 1 MAC) nachgedacht werden, wenn unter intravenöser Anästhesie nicht die gewünschte Narkosetiefe erreicht wird. Wenn möglich soll aber auf Sevofluran verzichtet werden, insbesondere bei erhöhtem ICP.

Bei allen anderen Eingriffen muss individuell abgeschätzt werden, welche Vor- und Nachteile eine Anästhesie mit Sevofluran auf den einzelnen Patienten hat.

3.2 Gewonnene Erkenntnisse

Zunächst war es sehr hilfreich sämtliche physikalische Begriffe und Eigenschaften zu definieren. Zum Verständnis einzelner Aspekte einer Inhalationsanästhesie musste ich die Basiskenntnisse aufarbeiten.

Pharmakokinetik und Pharmakodynamik, soweit wissenschaftlich bekannt, kann ich nun nachvollziehen. Das Kernelement einer schnellen Aufnahme und Wirkung am Zielort, dem Gehirn, ist eine schlechte Löslichkeit des Gases vorteilhaft. Das Partialdruckgefälle zwischen Alveolen und Blut als auch Blut und Gehirn ist entscheidend. Je höher das Druckgefälle desto schneller verläuft die Aufnahme, umgekehrt dazu auch die Elimination.

Ausserdem unterstützt ein grosses Atemminutenvolumen mit hohem Inspirationsflow die Aufnahme beziehungsweise Elimination des Inhalationsanästhetikums. Als Referenzwert dazu dient der MAC- Wert. Allerdings ist zu beachten, dass MAC- beeinflussende Massnahmen in die Einschätzung der Anästhesietiefe miteinzubeziehen sind. Ausserdem müssen klinische Beobachtungen, wie Herzfrequenz, Blutdruck, Pupillen und so weiter in die Beurteilung zwingend einfließen.

Die Einleitung per inhalationem scheint mir keine sinnvolle Variante zu sein. Das Exzitationsstadium dauert erheblich länger als bei der Verwendung eines intravenösen Anästhetikums. Da das Exzitationsstadium Gefahren birgt, sollte dies möglichst schnell durchlaufen werden. Die Aufrechterhaltung der Narkose mit Sevofluran sollte mit ausreichend Opiaten unterstützt werden. Die Gabe von Muskelrelaxantien ist anzupassen, da Sevofluran ebenfalls eine muskelrelaxierende Wirkung hat. Wann die Sevofluranzufuhr beendet wird, ist von Fall zu Fall zu beurteilen. Die Dauer der Anästhesie ist dabei entscheidend. Je länger die Narkose dauert, desto früher muss auch die Zufuhr gestoppt beziehungsweise reduziert werden. Um die Elimination von Sevofluran zu beschleunigen, kann der Frischgasflow erhöht werden, um das Partialdruckgefälle zu erhöhen. Die Aufwachphase verläuft also schneller. Auch bei der Ausleitung wird das Exzitationsstadium durchlaufen. Auf keinen Fall darf während dieses Stadiums extubiert werden. Ein Laryngospasmus oder andere Komplikationen wären denkbar. Der Tubus soll erst entfernt werden, wenn eine suffiziente Spontanatmung festgestellt werden kann. Die Extubation beim schlafenden, spontanatmenden Patienten sollte nach meiner Ansicht nur durch erfahrenes Personal durchgeführt werden, das mit dieser Technik vertraut ist.

3.3 Schlussfolgerungen für die eigene Arbeit

Ich war erstaunt, wie viele positive Aspekte eine Gasnarkose mit Sevofluran bietet. Vor Beginn der Literaturrecherche war ich negativ voreingenommen, da an meinem Praxisort nur selten Sevofluran verwendet und eher negativ davon gesprochen wird. Der Hauptgrund der negativen Meinungen scheint das vermehrte Vorkommen von PONV zu sein.

Ich führte mehrere Sevoflurannarkosen durch und konnte dadurch eigene Beobachtungen machen. Bei Patienten mit obstruktiven Lungenerkrankungen konnte ich beobachten, wie die Beatmungsdrücke abnahmen. Die CO₂- Kurve am Respiator näherte sich der physiologischen Kurve eines lungengesunden Patienten, nachdem Sevofluran eingesetzt wurde.

Bei der Ausleitung einer Narkose richte ich mein Augenmerk auf das Exzitationsstadium, hier können nochmals gefährliche Komplikationen auftreten. Der Patient muss aufmerksam beobachtet werden, um allfällige Schwierigkeiten früh zu erkennen und entsprechend handeln zu können.

Angesichts der herzprotektiven Wirkung von Sevofluran werde ich in Zukunft vermehrt darauf achten, ob bei Koronarikern eine balancierte Anästhesie einer TIVA vorzuziehen ist.

In Bezug auf die Minimal- Flow oder Low- Flow Technik werde ich keine Einschränkungen vornehmen. Compound A wird zwar gebildet, jedoch konnte keine relevante bleibende Nierenfunktionsstörung darauf zurückgeführt werden.

Worauf ich in Zukunft noch grösseren Wert legen werde, ist die Sicherheit am Arbeitsplatz. Ich achte darauf mit den mir zur Verfügung stehenden Mitteln die Anästhetikakonzentration in der Umgebung möglichst gering zu halten. Ich überprüfe das Anästhesiegasfortleitungssystem auf Funktionstüchtigkeit, das ganze Beatmungssystem soll möglichst geringe Leckagewerte aufweisen und die Einleitung per inhalationem wird bei uns ohnehin nicht durchgeführt.

3.4 Reflexion des Prozesses

Zunächst erläutere ich kurz meine Vorgehensweise. Die Literaturrecherche stellte sich schwieriger heraus, als ich angenommen hatte. Es war diffizil und umständlich die für meine Arbeit relevante Literatur, Studien und Artikel herauszufiltern und zu erkennen, welche davon den Rahmen meiner Arbeit überschreiten würden. Häufig stiess ich auf Studien, die meine Kriterien nicht erfüllten. Ich habe mich bewusst dafür entschieden das Thema Lachgas nicht miteinzubeziehen. Leider war dies jedoch in vielen Studien Bestandteil der Untersuchungen und so konnte ich diverse Artikel und Studien nicht verwenden. Als Ergänzung zur Fachliteratur waren die Gespräche mit den Personen aus meinem Arbeitsumfeld sehr hilfreich. Sie konnten mir praxisnahe Beispiele nennen und ihre persönliche Erfahrung diente zum besseren Verständnis der Materie. Ich konnte so die Wissenslücken schliessen und habe meiner Meinung nach alle wichtigen Aspekte in die Arbeit eingeflochten. Leider sind viele Faktoren in der Fachliteratur nicht geklärt oder nur unzureichend wissenschaftlich belegt, deshalb findet man in der Arbeit einige Hypothesen und Annahmen.

Ich entschloss mich die Schwerpunkte von Wirkungen und Nebenwirkungen von Sevofluran auf herzkranken Patienten, Patienten mit Lungenerkrankungen und PONV zu legen. PONV gilt als häufige Nebenwirkung. Die meisten Patienten mit Begleiterkrankungen leiden an Herzproblemen, auch Lungenerkrankungen sind häufig. Aufgrund dessen befasste ich mich vermehrt mit diesen Themen.

Der Versuch möglichst alle Blickwinkel einzunehmen, machte die Bearbeitung der Fragestellung schwierig. Mit der Zeit kristallisierte sich heraus, welche Punkte für meine tägliche Arbeit wichtig sind und so konnte ich gezielter nach Literatur suchen.

3.5 Reflexion des persönlichen Lernprozesses

Für mich persönlich hat die Arbeit einen sehr hohen Nutzen. Noch vor ein paar Monaten, wusste ich sehr wenig über dieses Thema und hatte keine Praxiserfahrung. Zunächst schlug ich mich durch den Urwald der physikalischen Begriffe. Dies war nötig, um das Verständnis für die gesamte Materie zu erlangen. Dies fiel mir zunächst schwer. Die theoretischen Grundlagen wurden mir erst verständlich, als ich Anästhesien mit Sevofluran durchgeführt hatte.

Manche wunderten sich, weshalb ich dieses Thema für meine Diplomarbeit gewählt hatte. Für diese Leute ist dieses Anästhesieverfahren Alltag. Ich fühlte mich während einer Anästhesie mit Sevofluran jedoch unsicher. Dies ist heute anders, ich kann die Wirkungen und Nebenwirkungen benennen, erkenne diese während einer Anästhesie, kann entsprechend handeln und fühle mich im Umgang mit Sevofluran sicher. Auf diese Weise habe ich mich persönlich weiterentwickelt.

4 Literaturverzeichnis

4.1 Bücher

- Benedix, R.(2011). *Bauchemie- Einführung in die Chemie für Bauingenieure und Architekten*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH- Vieweg+Teubner Verlag.
- Hoeft, A., Buhre, W. (2008). *Anästhesie beim kardiovaskulären Risikopatienten*. Deutscher Ärzteverlag.
- Larsen, R., (2013). *Anästhesie*. München: Urban & Fischer.
- Roewer, N., Thiel, H. (2010). *Taschenatlas der Anästhesie*. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag.
- Rossaint, R., Werner, Ch., Zwissler, B. (2012). *Die Anästhesiologie*. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag.
- Rügger, M., Jost, M., Meier, A. et al. (2000). *Umgang mit Anästhesiegasen*. (kein Verlag angegeben, eine Broschüre der SUVA).
- Tonner, P., Hein, L., (2011). *Pharmakotherapie in der Anästhesie und Intensivmedizin*. Berlin Heidelberg: Springer- Verlag.
- Wappler, F., Honner, F.H., Bürkle, H. (2011). *Anästhesie und Begleiterkrankungen- Perioperatives Management des kranken Patienten*. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag.

4.2 Zeitschriftenauszüge

- Juckenhöfel, S., Feisel, C., Schmitt, H.J. et al. (1999). TIVA mit Propofol/ Remifentanyl oder balancierte Anästhesie mit Sevofluran/Fentanyl bei laparoskopischen Eingriffen. *Der Anästhesist* 11.1999. S. 807-812
- Reichle, F.M., Conzen, P., Czerner, S. et al. (2001). Einfluss von niedrigem, Alkalimetallgehalt im Atemkalk auf Compound-A-Bildung während Low- flow Narkosen mit Sevofluran. *Der Anästhesist* 3.2001. S. 155-160.
- Schiewe- Langgartner, F., Wiesner, G., Gruber, M. et al. (2005). Exposition des Personals gegenüber Sevofluran. *Der Anästhesist* 7.2005. S. 667-672.

4.3 Unterrichtsunterlagen

- Castelli, I. Dr. med. (Januar 2014). *Inhalationsanästhetika und Inhalationsanästhesie*.
- Frey, Ch. Dr. med. (August 2014). *Anästhesie bei Kardiovaskulären Erkrankungen*.
- Roeber, P., Dr. med. (August 2014). *Neuro- Anästhesie*.

4.4 Onlinequellen

- Duden, 2013. *Duden Die deutsche Rechtschreibung*. Abgefragt am 17.10.2014, von <http://www.duden.de/rechtschreibung/Siedepunkt>
- Guedel A. E. (1933). Narkosestadien gemäss Arthur E. Guedel. Abgefragt am 28.11.2014, von http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guedel_Narkosestadien.jpg

4.5 Gespräche mit

- Schmid Nöthiger, M. Dr. med., Fachärztin für Anästhesiologie, 1.12.2014
- Simmen, R. Dr. med., Facharzt für Anästhesiologie, 28.11.2014
- Szolansky, L. Dr. med., Facharzt für Anästhesiologie, 1.12.2014

4.6 Abbildungsverzeichnis

- **Titelblattabbildung 1:** Schematische Darstellung von Sevofluran
 - Grünewald, M. L., (2003). Abgefragt am 8.11.2014 von: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/gruenewald-matthias-lars-2003-12-15/HTML/chapter2.html>
- **Titelblattabbildung 2:** Dampf
 - Mayer, B., (2006). Abgefragt am 8.11.2014 von: <http://egodampfer.de/gefahren-risiken-der-e-zigarette-schaedlich/>
- **Titelblattabbildung 3:** Sevofluranverdampfer
 - Alibaba.com, (2014). Abgefragt am 8.11.2014 von: <http://german.alibaba.com/store/231560508>
- **Abbildung 1:** Gleichgewicht zwischen flüssiger und gasförmiger Phase eines volatilen Inhalationsanästhetikums.
 - Larsen, R., (2013). *Anästhesie*. München: Urban & Fischer. S. 21.
- **Abbildung 2:** Verdampfer Vapor.
 - Larsen, R., (2013). *Anästhesie*. München: Urban & Fischer. S. 461.
- **Abbildung 3:** Verhalten eines gut löslichen Gases.
 - Castelli, I. Dr. med. (Januar 2014). *Inhalationsanästhetika und Inhalationsanästhesie*. Folie 19.
- **Abbildung 4:** Verhalten eines schlecht löslichen Gases.
 - Castelli, I. Dr. med. (Januar 2014). *Inhalationsanästhetika und Inhalationsanästhesie*. Folie 18.
- **Abbildung 5:** Narkosestadien gemäss Arthur E. Guedel.
 - Guedel A. E. (1933). Abgefragt am 28.11.2014, von: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guedel_Narkosestadien.jpg