

Patient Blood Management

Intraoperatives anästhesiologisches Vorgehen

Erwarteter hoher Blutverlust – was präventiv tun?



Diplomarbeit zur diplomierten Expertin Anästhesiepflege NDS HF

Stefania Morabito

März 2021

Mentor: Sven von Niederhäusern

XUND Bildungszentrum Gesundheit Zentralschweiz

Kurs 19 H A

Abstract

In der Schweiz wurden im Jahr 2019 mehr als 100'000 chirurgische Eingriffe am Bewegungsapparat durchgeführt. Elektive Eingriffe wie Hüft- und Kniegelenkprothesen gehen häufig mit einem erwarteten hohen Blutverlust von > 500 ml einher. Das Fachgebiet der Anästhesie ist bereits in vielen Bereichen präventiv tätig. Es ist unter anderem dank ihrer Arbeitstechniken, dem Monitoring, der Allgemein- und Regionalanästhesie im klinischen Alltag nicht mehr wegzudenken. Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Thema erwarteter hoher intraoperativer Blutverlust bei gesunden Erwachsenen, die sich einer Hüft- oder Kniegelenkprothese unterziehen müssen. Es sind spezifische Kenntnisse über Risiken notwendig, welche die Wahrscheinlichkeit eines Blutverlustes erhöhen können. Durch die Implementierung von Patient Blood Management in den Institutionen können anästhesiologische Aspekte abgeleitet und in der Praxis umgesetzt werden. Die evidenzbasierten Massnahmen sollen bewirken, dass der intraoperative Blutverlust reduziert wird.

Methodik

Es werden aktuelle Studien und Fachartikel in diese Literaturarbeit miteinbezogen. Die Studien werden verglichen und deren Erkenntnisse dargestellt. Auch werden anästhesierelevante Aspekte des Patient Blood Management differenziert betrachtet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass durch rechtzeitiges Eingreifen, mithilfe des Patient Blood Management-Konzepts, einem erhöhten Blutverlust entgegengewirkt werden kann. Die Erhaltung der physiologischen Hämostase und der Normothermie erweisen sich als elementar. Im Weiteren können die Wahl der Anästhesieverfahren, die kontrollierte Hypotension und die Operationslagerung als effektive Massnahmen angesehen werden. Interventionsmöglichkeiten für das Fachpersonal der Anästhesie werden ferner in der Umsetzung des Patient Blood Management erkannt.

Diskussion

Zu diskutieren ist, dass die evidenzbasierten Massnahmen zwar den Blutverlust minimieren können, diese jedoch individuell ausgewählt werden müssen. Entsprechende Kriterien und eine sorgfältige Risiko-Nutzen-Abwägung sind daher notwendig.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Motivation.....	5
1.2	Fragestellung.....	6
1.3	Ziele	6
1.4	Eingrenzung	7
1.5	Methodik.....	7
2	Das Patient Blood Management.....	8
2.1	Blutverlust.....	8
2.2	Das PBM-Konzept	9
2.2.1	Säule 1: Vermeidung von Anämie und Optimierung des Erythrozytenvolumens.....	10
2.2.2	Säule 2: Minimierung von Blutung und Blutverlust.....	10
2.2.3	Säule 3: Erhöhung und Ausschöpfung der Anämietoleranz.....	11
3	Anästhesiemanagement	12
3.1	Hämostase	12
3.1.1	Primäre Hämostase	12
3.1.2	Sekundäre Hämostase.....	12
3.1.3	Fibrinolyse.....	13
3.2	Gerinnungsmanagement	13
3.2.1	Massnahmen: Erhalten der physiologischen Hämostase	13
3.2.2	Gerinnungsdiagnostik.....	15
3.2.3	Massnahmen: Prophylaktische Gabe von Tranexamsäure.....	15
3.3	Wärmemanagement	16
3.3.1	Massnahmen: Aktive und passive Wärmung.....	17
3.3.2	Massnahmen: Temperaturmessmethoden	18

3.4	Anästhesieformen und kontrollierte Hypotension.....	18
3.4.1	Wahl der Anästhesieformen	18
3.4.2	Die kontrollierte Hypotension als Massnahme.....	19
3.5	Operationslagerung.....	21
4	Diskussion	21
5	Schlussfolgerungen	25
6	Reflexion.....	26
7	Danksagung.....	27
8	Literaturverzeichnis.....	28
9	Abbildungsverzeichnis	32
10	Tabellenverzeichnis	32
11	Abkürzungen.....	32
12	Selbstdeklaration	33

1 Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit dem Thema erwarteter hoher intraoperativer Blutverlust bei Erwachsenen in der orthopädischen Klinik. Zunächst wird die Motivation und die daraus resultierende Fragestellung präsentiert. Anschliessend wird die Zielsetzung beschrieben, woraufhin die Eingrenzung und die Methodik folgen.

1.1 Motivation

Seit Beginn meines Studiums zur diplomierten Expertin Anästhesiepflege NDS HF, fällt mir auf, dass Patientinnen und Patienten, trotz minimal-invasiven Verfahren, vermehrt bluten. Insbesondere bei Hüft- oder Kniegelenkprothesen (TP) werden in der Praxis durch Fachpersonen einzelne Aspekte des Patient Blood Management (PBM) durchgeführt. Auch mit der präoperativen prophylaktischen Gabe von Tranexamsäure (TXA) wird der Blutverlust scheinbar dennoch nicht < 500 ml erzielt. In meinem anästhesiologischen Alltag verfolge ich regelmässig kontroverse Gespräche und Diskussionen von Fachpersonen aus der Chirurgie und Anästhesie. Mir fällt dabei auf, dass die Schätzungen des Blutverlustes, die Gabe von Kristalloiden oder Kolloiden sowie optimales Temperaturmanagement bei Patientinnen und Patienten unterschiedlich bewertet werden. Der intraoperative Blutverlust ist in meinem Alltag sehr präsent, wie auch das folgende Ereignis zeigt:

Im Herbst 2020 führte ich bei einer 64-jährigen Frau mit der Operationsdiagnose minimal-invasive Hüft-TP links, eine Allgemeinanästhesie durch. Die Einleitung gestaltete sich problemlos und ohne relevante Ereignisse. Nachdem die Patientin in den Operationssaal gefahren wurde, schloss ich sie unter anderem an das Beatmungsgerät an und begann mit dem Wärmemanagement. Bereits im Saal wurde heftig über das Wärmemanagement diskutiert. Der Chirurg bevorzugte, aufgrund hygienischer Aspekte, den Bair Hugger¹ erst nach Abdeckung der Patientin einzuschalten. Das Anästhesieteam wollte jedoch die Patientin bereits aufwärmen, da ihre Körperkerntemperatur 35.4°C betrug. Auf Anraten des Chirurgen wartete ich vorerst mit dem Aufwärmen bis die Patientin vollständig steril abgedeckt war. Als die Operation begann, verlief diese zunächst komplikationslos. Ich fokussierte mich gezielt auf das Monitoring und auf den Blutverlust. Nach Rücksprache mit meinem zuständigen Oberarzt ersetzte ich den erwarteten Blutverlust mit Kristalloiden. Im weiteren Verlauf der Operation kam es zu kardiovaskulären Komplikationen wie Hypotonie, Tachykardie und einem erhöhten Katecholaminbedarf. Die Ursache dafür war eine zusätzliche arterielle Blutung. Um den Kreislauf aufrechtzuerhalten, verabreichten wir der Patientin 2 Ampullen à 500 ml Albumin 5% und führten eine Gerinnungsdiagnostik mittels Rotationsthrombelastometrie (ROTEM) durch. Nachdem

¹ Konvektive Wärmedecke

zusätzliches Anästhesiepersonal hinzu kam, konnten verschiedene Aufgaben verteilt werden, was zur Entlastung führte. Die Situation verbesserte sich nach Gabe von Gerinnungsprodukten und die Patientin konnte stabilisiert werden.

Herausfordernd waren für mich vor allem die Handhabung und der Umgang mit Gerinnungsprodukten. Die Aufstockung von Fachressourcen sowie eine gute Zusammenarbeit im Team war in diesem Moment unabdingbar. Durch diese Veränderung gewann ich an Sicherheit und konnte die Situation mit mehr Ruhe bewältigen. Das beteiligte Anästhesieteam führte am Ende des Tages ein Debriefing durch, welches für mich sehr hilfreich war, um zu einem späteren Zeitpunkt sicherer auf ähnliche Situationen reagieren zu können. Das ROTEM-Gerät wurde als diagnostisches Verfahren Anfang März 2020 in unserem Spital angeschafft. Ende Oktober 2020 wurde das PBM-Konzept am Zuger Kantonsspital im Rahmen einer Fortbildung vorgestellt. Handlungsabläufe und Prozesse waren demzufolge neu, so dass Unsicherheiten im Anästhesieteam bestanden.

Das oben erwähnte Ereignis sowie die Fortbildung führten dazu, dass ich mich mit dem intraoperativen anästhesiologischen Management bezüglich PBM vertiefter auseinandersetze. Damit auch ich einen Beitrag für eine Verbesserung des Outcomes² der Patientinnen und Patienten leisten kann, möchte ich meine Fachkompetenzen in diesem Bereich erweitern.

1.2 Fragestellung

Anhand des obengenannten Fallbeispiels stellt sich für die Praxis der Anästhesie folgende Frage:

Wie kann ein erwarteter hoher Blutverlust bei Patientinnen und Patienten mithilfe des intraoperativen anästhesiologischen Managements unter Berücksichtigung des Patient Blood Management minimiert werden?

1.3 Ziele

1. Ziel dieser Diplomarbeit ist es, das Patient Blood Management zu beschreiben und deren Vorteile aufzuzeigen.
2. Es werden anästhesierelevante Aspekte des Patient Blood Management im Detail beschrieben und erklärt.
3. Es werden evidenzbasierte Massnahmen aufgezeigt, mit denen Fachpersonen der Anästhesie einen intraoperativen Blutverlust minimieren können.

² Ergebnis einer Therapie- oder Präventionsmassnahme

1.4 Eingrenzung

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf gesunden, erwachsenen, chirurgischen Patientinnen und Patienten, die sich einer Hüft- oder Knie TP unterziehen müssen. In Verbindung mit der Operation wird, trotz normaler Gerinnungsfunktionen, ein hoher Blutverlust über 500 ml erwartet. Insbesondere wird ein Blick auf das intraoperative anästhesiologische Management gelegt, welches sich auf das PBM bezieht. Die wichtigsten Grundlagen und Rahmenbedingungen des Anästhesiemanagements werden beleuchtet.

Es werden anästhesierelevante Einflussfaktoren erörtert, welche die Wahrscheinlichkeit eines Blutverlustes erhöhen, respektive vermindern können.

1.5 Methodik

Diese Diplomarbeit ist eine Literaturarbeit, welche eine für die Praxis relevante und fachspezifische Fragestellung beinhaltet. Die Suche nach Antworten erfolgt systematisch über die Datenbanken Pubmed, Google Scholar und Bibliotheken. Auch werden verschiedene Studien und Fachartikel konsultiert und in die Arbeit miteinbezogen. Die für diese Arbeit verwendeten Studien beziehen sich auf elektive orthopädische Eingriffe mit erwartetem hohem Blutverlust. Weiteres Grundlagenwissen wird anhand von Lehrbüchern zusammengefasst. Studien werden verglichen und Erkenntnisse werden beschrieben. Schlussfolgerungen und Empfehlungen runden diese Diplomarbeit ab.

Die Begriffe Prävention und Prophylaxe werden in bestimmten Bereichen der Medizin unterschiedlich verwendet. Ziele der Prävention und Prophylaxe sind „die Vermeidung des Auftretens von Krankheiten und damit die Verringerung ihrer Verbreitung und die Verminderung ihrer Auswirkungen (. . .)“. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden sie als Synonyme genutzt (Hurrlemann, Klotz & Haisch, 2010). In dieser Arbeit werden die Begriffe Prävention und Prophylaxe darum auch als Synonyme gebraucht.

2 Das Patient Blood Management

Möchte man sich mit dem Thema PBM näher befassen, muss zunächst beschrieben werden, was unter erwartetem hohem Blutverlust verstanden wird und welche Auswirkungen diese haben können. Das PBM ist ein multidisziplinäres Behandlungskonzept, auf welches anschließend vertieft eingegangen wird.

2.1 Blutverlust

In der Schweiz werden im Jahr 2019 mehr als 100'000 chirurgische Eingriffe am Bewegungsapparat durchgeführt (Bundesamt für Statistik, 2020). Die grosse orthopädische Chirurgie wie Hüft- und Knie-TP sowie die Wirbelsäulenchirurgie gehören zu den elektiven Eingriffen, die mit einem erwarteten hohen Blutverlust von > 500 ml einhergehen. Die Zunahme von schweren Nebenerkrankungen, insbesondere im Alter, führen zu vermehrter Einnahme gerinnungshemmende Medikamente. Dies stellt eine Herausforderung im operativen Setting dar und erhöht den Blutverlust sowie die postoperative Anämie (Peter & Hofer, 2018).

Abbildung 2 zeigt die Menge des Blutverlustes bei diversen Frakturen auf, die erwartet werden können:

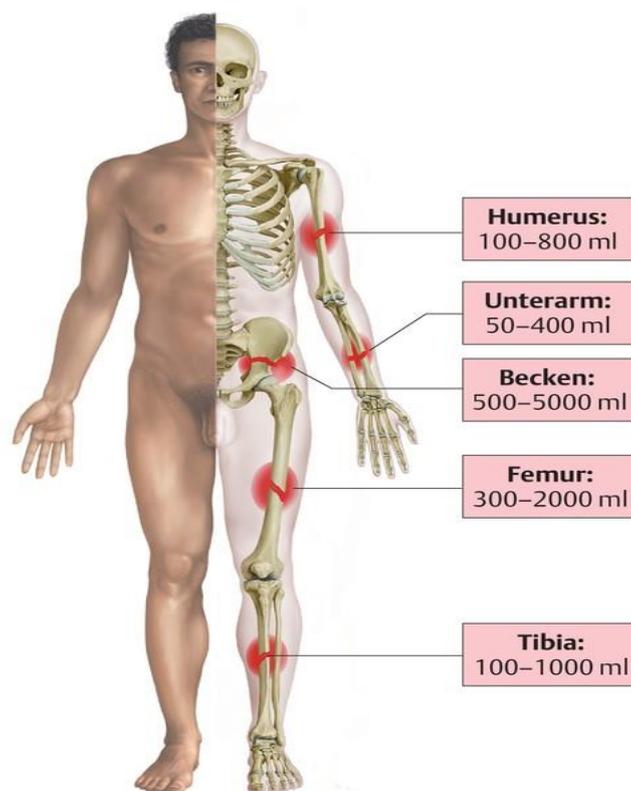


Abbildung 2: Blutverlust bei Frakturen

2.2 Das PBM-Konzept

20-40% aller grossen chirurgischen Eingriffe werden in Europa ohne eine präoperative Behandlung der Anämie durchgeführt (Kastner & Trentino, 2018). Durch zusätzliche akute und unvorhersehbare Blutungen oder erwartete hohe intraoperative Blutverluste, müssen solche Patientinnen und Patienten rund 5-mal mehr transfundiert werden, als diejenigen ohne eine präoperative Anämie (Fowler et al., 2015, zitiert in Bauer, Doll & Hönemann, 2019; Holten, Zaar & Kessler, 2017).

Die Studie von Ferraris et al. (2012) zeigt, dass Komplikationen entstehen sobald ein intraoperatives Erythrozytenkonzentrat (EK) verabreicht wird. Komplikationen wie Mortalität, Morbidität, Wundinfekte, Lungen- und Nierenkomplikationen, Sepsis sowie ein verlängerter postoperativer Aufenthalt werden damit assoziiert. Mit jedem weiteren EK steigt das Komplikationsrisiko.

Das PBM bietet ein evidenzbasiertes und menschenzentriertes Behandlungskonzept. Ziele des PBM sind, eine behandlungsbedürftige Anämie optimal zu therapieren, zu vermeiden sowie den Krankheitsverlauf und die Sicherheit der Betroffenen zu verbessern. Mit diesen Zielen können Mortalität sowie Morbidität gesenkt und die Hospitalisationsdauer verkürzt werden. Weiter können mit dem rationalen Einsatz von Blutprodukten transfusionsassoziierte Komplikationen reduziert oder gar vermieden werden. Durch das PBM können die Qualität und Sicherheit gesteigert und Kosten gespart werden (Gombotz & Hofmann, 2018).

Um die Implementierung von PBM in den verschiedenen Institutionen zu erleichtern, wird das Konzept in 6 Massnahmenbündel unterteilt. Diese umfassen weitere 107 Einzelmassnahmen. Das Einführen von PBM in den Institutionen kann somit individuell umgesetzt werden (Meybohm, Schmitz-Rixen, Steinbicker, Schwenk & Zacharowski, 2017). Das PBM-Konzept, welches auf 3 Säulen basiert, wurde primär für die elektive Chirurgie entwickelt. Zu den Einflusskriterien gehören beispielsweise Personengruppen, die eine vorbestehende oder drohende Anämie aufweisen und zu einem erhöhten Risiko zur Transfusion neigen. Da Transfusionen auch im konservativen Bereich zunehmend sind, kann das PBM in allen medizinischen Bereichen umgesetzt werden (Gombotz & Hofmann, 2018).

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt im Jahr 2010 das PBM als neuen Standard. Die Implementierung des PBM-Konzepts soll bewirken, dass Menschen im Mittelpunkt der Behandlung stehen und nicht, dass der Fokus auf die Blutprodukte und deren Verwendung gesetzt wird. Trotz allem zeigt sich, dass sich die Umsetzung von PBM in den Institutionen unzureichend bis gar nicht durchgesetzt hat. Gründe dafür sind gemäss Meybohm et al. (2017) Vorurteile aufgrund mangelnden Wissens, Mangel an Ressourcen (personell und finanziell), mangelndes interdisziplinäre Interesse sowie allgemeine Bedenken.

Wie aus den vorhergehenden Ausführungen zu entnehmen ist, basiert das PBM auf 3 Säulen, auf die im Folgenden vertiefter eingegangen wird.

Diese 3 Säulen befassen sich mit folgenden Punkten (Gombotz & Hofmann, 2018):

1. Vermeidung von Anämie und Optimierung des Erythrozytenvolumens
2. Minimierung von Blutung und Blutverlust
3. Erhöhung und Ausschöpfung der Anämietoleranz

2.2.1 Säule 1: Vermeidung von Anämie und Optimierung des Erythrozytenvolumens

Gemäss einer WHO-Fachgruppe wird die Anämie als Hämoglobinwert (Hb) < 13 g/dl bei Männern, < 12 g/dl bei Frauen und < 11 g/dl bei schwangeren Frauen definiert (World Health Organization, 1968). Demnach liegt eine Anämie bei > 30% der Weltbevölkerung vor. Bleibt die Anämie präoperativ unbehandelt, steigt die perioperative Morbidität und Mortalität (Meybohm et al., 2017).

Für die perioperative Bluttransfusion stellt die präoperative Anämie ein starker Prädiktor dar. Die europäische Gesellschaft der Anästhesie empfiehlt, Personen mit erhöhtem Blutungsrisiko 3 bis 8 Wochen vor einer Operation auf eine Anämie zu untersuchen. Dies bietet genügend Zeit, um Patientinnen und Patienten optimal auf die Operation vorzubereiten. Auch können Ursachen der Anämie durch weitere Tests bestätigt und behandelt werden. Durch die Implementierung der 1. Säule kann der Hb-Spiegel erhöht und die Transfusionsgabe reduziert werden (Kozek-Langenecker et al., 2017).

2.2.2 Säule 2: Minimierung von Blutung und Blutverlust

Um einer spitalerworbenen Anämie entgegenzuwirken sind Massnahmen, die zu einer Reduktion von Blutungen und Blutverlust führen, notwendig. Die Reduktion von nötigen Laboranalysen auf ein Minimum und eine umfassende Gerinnungsanamnese, die zur Abschätzung des Blutungsrisikos dient, sind wichtige präoperative Elemente der 2. Säule. Um ein individuelles Hämotherapiekonzept zu erstellen und die Sicherheit der Patientinnen und Patienten zu erhöhen, ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich (Weber & Zacharowski, 2018).

Das chirurgische Ärzteteam spielt in der 2. Säule des PBM-Konzepts eine zentrale Rolle. Chirurgische Techniken sowie blutsparende Operationsverfahren und konsequente Blutstillung, sind wesentliche Einflussfaktoren für den intraoperativen Blutverlust (Erhard & Vallböhmer, 2018). Topisch wirksame Hämostatika, Gefässclips und thermokaustische Verfahren sollten für die gezielte chirurgische Blutstillung angewendet werden. Hilfsmittel wie Tourniquet-Manchetten oder Kompressionsverband haben sich ebenso bewährt und können den Blutverlust minimieren (Malek, 2018).

Weitere Elemente der 2. Säule sind das intraoperative Gerinnungsmanagement und die Gerinnungsdiagnostik mittels ROTEM, der Einsatz von maschineller Autotransfusion (MAT) sowie die Erhaltung der physiologischen Hämostase (Weber & Zacharowski, 2018).

2.2.3 Säule 3: Erhöhung und Ausschöpfung der Anämietoleranz

Wie erwähnt, ist die Gabe von Fremdblutprodukten mit vielen Risiken und Komplikationen verbunden. Ist eine Anämie mit folgender Gewebshypoxie nicht kausal therapierbar, muss umgehend mit einer EK-Transfusion begonnen werden. Diese stellt die letzte mögliche Lösung dar und hat zum Ziel, das Sauerstoffangebot (O_2 -Angebot) zu erhöhen und eine hypoxische Anämie zu vermeiden. Eine EK-Transfusion kann lebensrettend sein, jedoch sollte die Indikation streng und zielgerichtet erfolgen (Meybohm et al., 2017). Durch eine Hypo- oder Hypervolämie können Hb- und Hämatokrit (Hk)-Werte beeinflusst werden. Daher sollen weitere Kriterien zur Indikationsstellung der Transfusion beachtet werden (Bundesärztekammer, 2020):

- Ursache, Dauer und Schweregrad der Anämie
- Ausmass und Geschwindigkeit des Blutverlustes
- physiologische Kompensationsfähigkeit bei verminderten O_2 -Gehalt im arteriellen Blut
- kardiale, vaskuläre und pulmonale Erkrankungen, welche die Kompensationsfähigkeit einschränken
- aktueller klinischer Zustand
- physiologische Transfusionstrigger wie Tachykardie, Dyspnoe, Hypotonie unklarer Genese, neu auftretende ST-Strecken-Senkungen oder -Hebungen im Elektrokardiogramm, Herzrhythmusstörungen, Abfall der gemischtvenösen O_2 -Sättigung < 50%, Abfall der zentralvenösen O_2 -Sättigung < 65-70% und Laktatazidose (Laktat > 2 mmol/l + Azidose)
- intravasaler Volumenstatus

Tabelle 1 veranschaulicht die Transfusionsempfehlungen:

Tabelle 1: Transfusionsempfehlungen der Bundesärztekammer, 2020 (eigene Darstellung)

HB-Bereich	Kompensationsfähigkeit / Risikofaktoren	Transfusion
< 7 g/dl	-	Ja
> 7 g/dl und < 8 g/dl	Kompensationsfähigkeit vorhanden	Nein
> 7 g/dl und < 8 g/dl	Kompensation eingeschränkt o. Risikofaktoren vorhanden	Ja
> 7 g/dl und < 8 g/dl	Physiologische Transfusionstrigger vorhanden	Ja
> 8 g/dl und < 10 g/dl	Physiologische Transfusionstrigger vorhanden	Ja
> 10 g/dl	Im Einzelfall	Nein

3 Anästhesiemanagement

In diesem Kapitel werden anästhesierelevante Grundlagen und Einflussfaktoren beschrieben, welche die Wahrscheinlichkeit eines Blutverlustes erhöhen, beziehungsweise vermindern können. Zunächst wird die Physiologie der Hämostase beleuchtet, woraufhin der Fokus auf dem Gerinnungs- und Wärmemanagement liegt. Im Weiteren wird auf Anästhesieformen, kontrollierter Hypotension und Operationslagerungen eingegangen. Mögliche präventive Massnahmen runden jedes Kapitel ab.

3.1 Hämostase

Die Hämostase ist eine lebenswichtige Funktion. Der Körper ist durch sie in der Lage, Schäden in Gefässen zu verdichten und somit einen Blutverlust zu reduzieren oder gar zu vermeiden. Die Hämostase umfasst ein komplexes Zusammenspiel von verschiedenen Gerinnungsfaktoren (Hoth & Wischmeyer, 2021). Um eine adäquate Gerinnungsantwort während eines Gewebstraumas zu erhalten, muss das physiologische Gleichgewicht von Gerinnungsbildung und deren Auflösung aufrechterhalten werden (Keller & Magunia, 2019). Die Hämostase wird in nacheinander ablaufenden Phasen unterschieden, auf die im Folgenden eingegangen wird.

3.1.1 Primäre Hämostase

In der primären Hämostase reagiert der Organismus mit seinen Gefäss- und Plättchenkomponenten. Wird ein Gefäss verletzt, kommt es in der ersten Minute zu einer Vasokonstriktion, um den Blutverlust und einen möglichen Gefässschaden zu reduzieren. Durch erhöhte Scherkräfte werden die Thrombozyten an die Gefässwand gedrückt. Weiter werden Gefässkomponenten wie von-Willebrand-Faktor (vWF) ausgeschüttet, die sich im Endothel befinden. Die Thrombozyten können am vWF binden und es kommt zu einer Adhäsion der beiden Komponenten. Durch diese Anhaftung werden die Thrombozyten aktiviert, wodurch sich ihre Form verändert. Das Fibrinogen kann sich an den aktivierten Thrombozyten binden und es entsteht ein weisser Thrombus. Mit dem Ende der primären Phase startet die sekundäre Phase (Hoth & Wischmeyer, 2021).

3.1.2 Sekundäre Hämostase

Die sekundäre Hämostase wird in 3 weiteren Phasen unterteilt (Hoffman & Monroe, 2001):

In der 1. Phase, der Initiationsphase, wird nach einer Gefässverletzung eine kleine Menge Thrombin aktiviert.

In der 2. Phase, der Amplifikationsphase, wird das bereits aktivierte Thrombin über weitere komplexe Zusammenspiele der verschiedenen Gerinnungsfaktoren verstärkt. Das aktivierte Thrombin wirkt als Zündmechanismus von weiteren Gerinnungsfaktoren und Thrombozyten.

In der 3. Phase, der Propagationsphase, wird das lösliche Fibrinogen in das unlösliche Fibrin umgewandelt und es entsteht ein roter Thrombus. Zudem aktiviert Thrombin den Faktor XIII, welcher den Thrombus stabilisiert.

3.1.3 Fibrinolyse

Als Fibrinolyse bezeichnet man die körpereigene Zerlegung eines Blutgerinnsels durch Plasmin. Die Durchblutung des Gewebes wird wiederhergestellt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass die Gerinnungsfähigkeit durch Plasmin auch gesenkt wird (Hoth & Wischmeyer, 2021).

3.2 Gerinnungsmanagement

Neben der präoperativen Anämie sollte eine ausführliche Gerinnungsanamnese anhand von Fragebögen durchgeführt werden (Weber & Zacharowski, 2018). Laut Peter und Hofer (2018) sind die meisten Operationen in der orthopädischen Chirurgie planbar. Im Vorfeld können die zu Behandelnden optimal auf den Eingriff vorbereitet und umfassend aufgeklärt werden. Während einer Operation ist die Behandlung von Blutungen eine der Kernaufgaben des Anästhesiepersonals. Intraoperative Basismassnahmen, wie die Aufrechterhaltung der physiologischen Hämostase und die bedarfsorientierte Volumentherapie, gehören zur Gerinnungstherapie und können präventive Wirkungen haben.

3.2.1 Massnahmen: Erhalten der physiologischen Hämostase

Nach Weber und Zacharowski (2018) sind folgende Rahmenbedingungen der physiologischen Hämostase elementar, um die Funktion der Gerinnungsfaktoren zu gewährleisten:

pH-Wert > 7,35

Thrombozytenaggregation sowie -adhäsion werden durch die Azidose beeinträchtigt. Vorerst kommt es zu einer Störung der primären Hämostase. Im späteren Verlauf wird die sekundäre Hämostase durch die verringerte Thrombinbildung gestört, welches die Gerinnselfestigkeit beeinträchtigt. Laut Roewer und Thiel (2017) wird eine Azidose anhand folgender Aspekte charakterisiert: Abfall des pH-Wertes < 7,35, Anstieg des Kohlenstoffdioxids im arteriellen Blut ($p\text{aCO}_2$) > 6 Kilopascal, Abnahme der Base Exzess und Bikarbonats. Die Azidose kann metabolische oder respiratorische Ursachen haben. Im Rahmen einer Allgemeinanästhesie hat die respiratorische Azidose eine wichtige Bedeutung. Eine verminderte alveoläre Ventilation führt zu einem Anstieg des $p\text{aCO}_2$. Eine Normalisierung der kontrollierten Ventilation mit Erhöhung des Atemminutenvolumens und der Atemfrequenz, führen zu einer Korrektur der respiratorischen Azidose. Die metabolische Azidose kann nur bedingt durch respiratorische Kompensation korrigiert werden. Die Therapie bei der metabolischen Azidose erfolgt primär durch die

verursachenden Faktoren. Eine langsame Korrektur mit Natrium-Bikarbonat wird erst bei einem pH-Wert $< 7,2$ durchgeführt. Weber und Zacharowski (2018) führen fort, dass die Korrektur der Azidose nur teilweise zu einer Verbesserung der Gerinnung führt. Daher steht im Vordergrund die Prävention der Azidose. Der pH-Wert sollte daher den Wert $< 7,35$ nicht unterschreiten.

Ionisiertes Calcium $> 1,0$ mmol/l

Weber und Zacharowski (2018) legen dar, dass in allen Phasen der Gerinnung das Calcium eine wichtige Rolle spielt. Calcium ist ein wichtiger Kofaktor, welcher an den Thrombozyten gebunden ist. Vitamin K abhängige Faktoren (X, IX, VII, II) werden an Calcium gebunden und aktivieren so die Gerinnungskaskade. Der ionisierte Anteil von Calcium sollte daher $> 1,0$ mmol/l betragen. Gemäss Thorsten (2018) kann eine Hypokalzämie durch eine metabolische Azidose verursacht werden. Verantwortlich für dieses Geschehen sind chemische Reaktionen zwischen Laktat und Calcium. Eine weitere Ursache für eine erworbene Hypokalzämie ist die Gabe von Blutprodukten. Das vorhandene Zitrat in den Blutprodukten verhindert das Gerinnen der Blutbestandteile durch Bindung von Calcium. Folglich führt es zu einer Reduktion des ionisierten Calciums. Die Substitution von Calcium erfolgt intravenös (i.v.) mit 10 ml Calciumgluconat 10%.

Hämatokrit $> 25\%$

Der Hk gibt die Anzahl der festen Blutbestandteile im Gesamtblut an. Erythrozyten machen 99% der Blutzellen aus (Vieten, 2009). Weber und Zacharowski (2018) ergänzen, dass Erythrozyten normalerweise durch ihre Grösse die Thrombozyten an die Gefässwände drängen. Von dort aus können die Thrombozyten ihre blutstillende Wirkung bei einer Gefässverletzung ausüben. Die Ausführungen von Weber und Zacharowski deuten darauf hin, dass eine restriktive Volumentherapie als eine präventive Behandlungsmöglichkeit verstanden werden kann. Denn um die Gewebeoxygenierung und eine ausreichende Blutstillung aufrechtzuerhalten, wird ein Hk-Wert $> 25\%$ empfohlen. Habler (2019) schreibt, dass der intraoperative Blutverlust direkt durch Infusionen ausgeglichen werden muss. Dies um die Normovolämie, eine adäquate Gewebepfusion und Gewebeoxygenierung aufrechtzuerhalten. In diesem Zusammenhang weisen Rehm, Hulde, Kammerer, Meidert und Hofmann-Kiefer (2019) auf das Konzept der zielgerichteten und verlustangepassten Flüssigkeitstherapie hin. Gestützt auf verschiedene Veröffentlichungen schreiben sie, dass eine restriktive Flüssigkeitstherapie gegenüber einer liberalen Flüssigkeitstherapie Vorteile hat. Neben der Verdünnung sämtlicher Blutbestandteile und der Gefahr einer Hypervolämie, wird die Gabe von Kristalloiden beschränkt. Eine Kolloidtherapie sollte in Betracht gezogen werden, wenn der Blutverlust $> 20\%$ beträgt. Diese Thera-

pie zeigt jedoch eine direkte negative Auswirkung auf die Blutgerinnung. Mit einer zunehmenden Anämie ist die Gabe von Blutprodukten und Gerinnungsfaktoren erforderlich, um eine Gewebhypoxie zu vermeiden. Rehm et al. (2019) deuten darauf hin, dass die Begriffe „restriktiv“ und „liberal“ nicht standardisiert sind und demzufolge ihre Verwendung nicht einheitlich ist.

3.2.2 Gerinnungsdiagnostik

Da in der endoprothetischen Chirurgie mit einem erhöhten Blutverlust gerechnet wird, sind präoperative Laboruntersuchungen standard. Die konventionelle Gerinnungsdiagnostik, die Bestimmung der Blutgruppe sowie der Antikörpersuchtest sind Elemente der Laboruntersuchung (Blum, Kohlhof, Wirtz, Zacharowski & Meybohm, 2020).

Bischoff (2020) fügt hinzu, dass zu der konventionellen Gerinnungsdiagnostik folgende Tests gehören: aktivierte partielle Thromboplastinzeit (aPTT), Thromboplastinzeit (TPZ/INR) und Thrombozytenzahl.

Gerinnungstests und ihre Referenzbereiche:

- aPTT: 28–40 Sekunden, je nach Reagenz
- TPZ/INR: 0,9–1,15
- Thrombozyten 150'000–400'000 / μ l

Die konventionelle Gerinnungsdiagnostik wird nur empfohlen, wenn gerinnungshemmende Medikamente eingenommen werden oder eine positive Gerinnungsanamnese erfasst wurde. Störungen der Thrombozyten sowie vWF werden durch diese Laboranalysen nicht erfasst. Zudem kann bei normalen Blutwerten keine akute Blutung ausgeschlossen werden (Chee, Crawford, Watson & Greaves, 2008; Pfanner et al., 2007 zitiert in DGAI, DGCH, DGIM, 2017).

3.2.3 Massnahmen: Prophylaktische Gabe von Tranexamsäure

TXA wird prophylaktisch oder als therapeutische Gabe bei Blutungen aufgrund einer Hyperfibrinolyse verabreicht. Die Substanz bewirkt, dass die fibrinolytischen Eigenschaften von Plasmin gehemmt werden. Die optimale Dosierung von TXA, mit welcher das beste Nutzen-Risiko-Verhältnis erzielt wird, bleibt bisher unklar (Peter & Hofer, 2018).

Waskowski, Schefold und Stueber (2019) beziehen sich auf mehrere Studien und fassen zusammen, dass die Anwendung von TXA in der Endoprothetik den Blutverlust und den Transfusionsbedarf senken kann. Als Prophylaxe für Erwachsene wird ein präoperativer Bolus von 1g oder 10-15 mg/kg/KG empfohlen. Die Gabe von TXA kann nach 6 Stunden wiederholt oder als Dauerinfusion von 8 Stunden verabreicht werden. Vor der prophylaktischen Verabreichung sollen die Kontraindikationen berücksichtigt werden. Die Metaanalyse von Heyns, Knight,

Steve und Yeung (2021) untersucht insgesamt 1'906 Artikel. Davon erfüllen 57 die Einschlusskriterien. Die eingeschlossenen Studien sind mehrheitlich aus der Orthopädie, Geburtshilfe und Gynäkologie sowie weiteren chirurgischen Fachgebieten. Über alle diese genannten Fachgebiete kann durch die Gabe von TXA (häufigste verwendete Dosis von 15 mg/kg), ein intraoperativer Blutverlust verringert werden (mittlere Differenz von -153,33 ml). Auch die Transfusionswahrscheinlichkeit ist um 72% reduziert. Dabei wird das Risiko thromboembolischer Ereignisse nicht erhöht.

3.3 Wärmemanagement

Narkoseeinleitungen haben einen grossen Einfluss auf die Thermoregulation im Körper. Durch ihren vasodilatatorischen Effekt und der sympathischen Dämpfung, kommt es zu einer Störung der Thermoregulation und Wärmeproduktion (Depenbusch-Landgräber, 2009, zitiert in Sitzmann, 2021). Bereits in der ersten Stunde nach Narkoseeinleitung fällt die Körperkerntemperatur bis zu 1,5°C. Dies wird durch die Umverteilung des Blutes vom Körperkern in die kühlere Körperschale und den wiederkehrenden Rücktransport des Blutes verursacht (Iden & Höcker, 2017; Herzog, 2019, zitiert in Sitzmann, 2021). Weitere Einflüsse wie personen-, anästhesie- und operationsbezogene sowie umgebungsbedingte Faktoren stellen ein Risiko für die intraoperative Hypothermie dar. Die Hypothermie wird definiert ab einer Körperkerntemperatur < 36°C und zählt immer noch als die häufigste Nebenwirkung im operativen Setting (Torossian et al., 2019).

Beeinflussende Faktoren für eine Hypothermie in der orthopädischen Chirurgie sind gemäss einer retrospektiven Studie von Simpson et al. (2018) folgende: kühlere Operationssäle, kombinierte Anästhesieverfahren und Wärmeabgaben durch ungeschützte Hautoberflächen. Simpson et al. führen fort, dass bei 204 Personen eine Hüftarthroplastik (THA) durchgeführt wird. Vor Beginn der Operation sind 39% von diesen Personen hypotherm. Bei 179 durchgeführten Kniearthroplastiken (TKA) sind davon 34% hypotherm. Während der Narkose bleiben 65% in der Gruppe THA und 33% in der Gruppe TKA weiterhin hypotherm. Zwischen der präoperativen Phase bis zur Einleitung der Anästhesie findet die grösste Körperkerntempertursenkung statt.

Die Hypothermie hat in der Hämostase einen besonderen Wert. Da Gerinnungsfaktoren temperaturabhängig sind, können sie bereits durch eine milde Temperatur (< 35°C) gestört werden. Die Thrombozytenfunktion sowie die Gerinnungskaskade werden dadurch gehemmt (Shah, Palmer & Klein, 2020). Das Review von Shah, Palmer und Klein stützt sich auf eine Metaanalyse aus dem Jahre 2008. Diese Metaanalyse von Rajagopalan, Mascha, Na und Sessler (2008) ergibt, dass eine leichte Hypothermie (34-36°C) bereits den intraoperativen Blutverlust um 16% und die Transfusionswahrscheinlichkeit um 22% erhöht. Zudem wird im

Review von Shah, Palmer und Klein eine in vitro durchgeführte Studie von Schmied, Reiter, Kunz, Sessler und Kozek (1996) miteinbezogen. Der intra- und postoperative Blutverlust bei hypothermen (35°C) Personen mit einer THA ist um ca. 500 ml erhöht im Gegensatz zu normothermen. Auch wird ein erhöhter Transfusionsbedarf beobachtet.

3.3.1 Massnahmen: Aktive und passive Wärmung

Bräuer (2019) beschreibt in der Leitlinie "Vermeidung perioperativer Hypothermie" die konvektive Luftwärmung. Besonders effektiv zeigt sich die Wirkung der konvektiven Wärmung, wenn eine grosse Körperoberfläche gewärmt wird. Kombinationen mit weiteren aktiven Wärmungen erhalten die Wärme und können somit den Wärmeverlust reduzieren. Zum Beispiel die Anwendung von Infusionswärmegeräten ab einem Infusionsvolumen von > 500 ml/h sowie angewärmte Infusionen. Heizmatten unter oder oberhalb des Körpers sind ergänzende Massnahmen, die zur konduktiven Wärmung gehören. Passive Wärmeverfahren, wie die Isolation mit reflektierender Folie oder angewärmte Baumwollendecken, können ab der Station bis zur Anästhesieeinleitung als wärmeerhaltende Massnahmen genutzt werden. Intraoperative Kombinationen mit aktiver und passiver Wärmung zeigen sich zwar als effektiv, können jedoch eine Normothermie nicht gewährleisten. Torossian et al. (2019) erweitern, dass durch zusätzliches Vorwärmen (Prewarming) die Temperatur der Haut und der Körperschale erhöht werden kann. Diese Massnahme dient dazu der physiologischen Umverteilung der Wärme, während der Einleitung der Narkose, entgegenzuwirken. Das Prewarming kann bereits auf der Station, im Aufwachraum oder im Operationsbereich vor der Einleitung der Anästhesie durchgeführt werden. Mithilfe dieser Massnahme erhöht sich der Effekt, die Normothermie zu erhalten. Im Weiteren können Saaltemperaturen > 21°C ebenfalls das Risiko einer Hypothermie minimieren.

In diesem Sinne wird von Grote, Wetz, Bräuer und Menzel (2018) eine retrospektive Untersuchung durchgeführt. Dabei werden 3'899 Personen in Allgemeinanästhesie mit Zwangsluft für eine Dauer von 25 Minuten vorgewärmt. Dabei findet eine zusätzliche intraoperative Wärmung statt. Im Ergebnis zeigt sich eine intraoperative Hypothermie von 15,8% und eine postoperative Hypothermie von 5,1%. Verglichen mit der Kontrollgruppe aus 3'887 Personen, welche nur intraoperativ gewärmt werden, findet eine intraoperative Hypothermie von 30,4% und eine postoperative Hypothermie von 12,4% statt.

Connelly et al. (2016) untersuchen dazu in 14 Artikeln weiter und ermitteln die optimale Methode und Dauer der Vorwärmung. Sie stellen fest, dass eine Hypothermie bereits nach 10 Minuten aktiver Wärmung reduziert werden kann. Die durchschnittliche empfohlene Zeit beträgt jedoch 30 Minuten.

3.3.2 Massnahmen: Temperaturmessmethoden

Nach Torossian et al. (2019) ist die Verwendung präziser und genauer Messinstrumente Voraussetzung, um Abweichungen der Werte zu verhindern. Da jede Körperregion eine eigene Temperatur aufweist, muss besonders auf Messmethoden und -orte geachtet werden. Die kontinuierliche Messung der Körperkerntemperatur mit dem gleichen Verfahren trägt dazu bei, Abweichungen gering zu halten. Auch können präventive Massnahmen ergriffen werden, wenn die Messung der Körperkerntemperatur eine Stunde vor einer Operation stattfindet. In Abhängigkeit vom Operationsgebiet können unter anderem folgende Verfahren zur Messung angewendet werden: Oral-sublingual, Oro/Nasopharyngeal, Ösophageal, Harnblase und Pulmonalarterienkatheter (vor allem in der Herzchirurgie). Die aufgeführten Messmethoden sind gemäss den Autorinnen und Autoren mit guter qualitativer Messgenauigkeit verbunden.

3.4 Anästhesieformen und kontrollierte Hypotension

Gemäss Fink (2018) können in der orthopädischen Chirurgie unterschiedliche Anästhesieverfahren durchgeführt werden. In der THA und TKA kommen Verfahren wie Allgemein-, Spinal- und Epiduralanästhesie zur Anwendung. Wobei in der TKA oft eine Allgemeinanästhesie mit peripheren Nervenblockaden kombiniert wird. Erhard und Vallböhmer (2018) fügen hinzu, dass Narkoseverfahren, Narkosetiefe und Muskelrelaxation einen Einfluss auf den intraoperativen Blutverlust haben können. Im Zusammenhang mit den Anästhesieformen kann laut Lu, Peng, Zhou & Yin (2018) der vasodilatatorische Effekt mit kontrollierter Hypotension gesteuert werden. Dies stellt laut Weber und Zacharowski (2018) eine weitere Option zur Reduktion des Blutverlustes dar. Lu et al. (2018) zufolge, wird während der kontrollierten Hypotension ein mittlerer arterieller Druck (MAP) von 55-60 mmHg angestrebt. Aufgrund dieser Senkung des MAP werden die periphere Durchblutung und der Blutverlust reduziert. Gleichzeitig werden das Schlagvolumen, der zentrale Venendruck sowie die Herzleistung aufrechterhalten.

3.4.1 Wahl der Anästhesieformen

Zwei Studien werden für diese Diplomarbeit ausgewählt, welche die Effekte der Anästhesieverfahren mit dem intraoperativen Blutverlust beschreiben.

Die Studie von Zhu et al. (2015) schildert die Auswirkung des Anästhesieverfahrens auf den intraoperativen Blutverlust. Die Studie analysiert im Zeitraum von 2004 bis 2013 Krankenakten von 513 Personen, die sich einer Knie-TP unterzogen haben. Ziel dieser Studie ist die Hypothese zu bestätigen, dass die Regionalanästhesie (RA) den Blutverlust reduzieren kann. Es stellt sich heraus, dass der Blutverlust um 92 ml durch RA minimiert wird im Gegensatz zur Allgemeinanästhesie.

Boluki (2011) schreibt in seiner Doktorarbeit über den Einfluss blutsparender Massnahmen auf den Blutbedarf in der TKA. Es stellt sich heraus, dass nur 50,2% der Personen mit peripheren RA eine Bluttransfusion erhielten. Im Gegensatz wird bei denjenigen mit Allgemeinanästhesie und 3-in-1-Block eine Transfusionsrate von 95,8% gezeigt. Der Autor merkt an, dass der Anstieg der durchgeführten peripheren RA-Verfahren mit anderen Massnahmen wie MAT und strengeren Transfusionsregimes kombiniert wurden.

Boluki (2011) veranschaulicht die Blutgabe in Abhängigkeit vom Anästhesieverfahren in Abbildung 3:

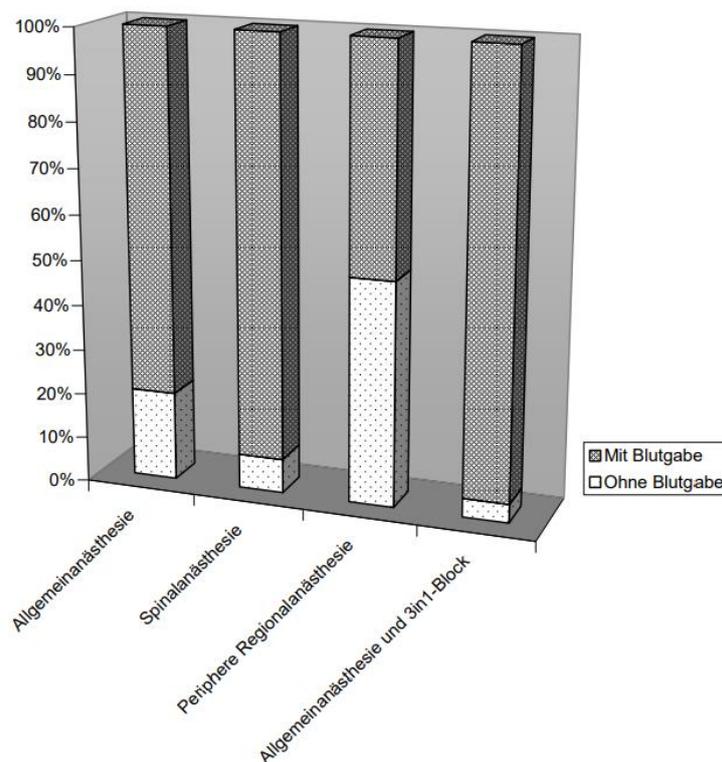


Abbildung 3: Blutgabe in Abhängigkeit vom Anästhesieverfahren

3.4.2 Die kontrollierte Hypotension als Massnahme

Die systematische Überprüfung des Konzepts der kontrollierten Hypotension und der Leitlinie von Tegegne, Gebregzi und Arefayne (2021) ergeben, dass sie eine effektive Massnahme ist, um den intraoperativen Blutverlust zu reduzieren. Zusätzlich trägt die Massnahme dazu bei, die chirurgische Sicht zu verbessern. Die Herbeiführung der kontrollierten Hypotension werden durch ausgewählte Anästhesieverfahren wie Inhalations-, i.v.-Anästhesie und neuraxiale RA durchgeführt. Zudem können Opiode und direkt wirkende Vasodilatoren eingesetzt werden. Neuraxiale RA zeigen sich in der Anwendung als sicher. Wird eine Allgemeinanästhesie durchgeführt, eignet sich die totale i.v. Anästhesie (TIVA) mit Propofol und Fentanyl. Die Anti-Trendelenburg-Lagerung und das Tourniquet können ebenfalls in Betracht gezogen werden. Shah,

Palmer und Klein (2020) deuten im Review in Bezugnahme auf die Strategie an, dass bei Patientinnen und Patienten mit koronaren Herz- und zerebrovaskulären Erkrankungen sowie schlecht kontrollierbarer Hypotension, diese Massnahmen vermieden werden sollten. Um Komplikationen wie Organminderperfusion mit Schädigung von Hirn, Nieren und Herz sowie eine verlängerte Aufwachphase zu vermeiden, ist eine sorgfältige Risiko-Nutzen-Abwägung notwendig. Tegege, Gebregzi und Arefayne (2021) ergänzen, dass eine enge Überwachung und die Auswahl geeigneter Anästhesiemittel, entsprechend der American Society of Anesthesiologists (ASA)-Klassifizierung, ausgewählt werden sollten. Das Erhalten der Normovolämie gehört zu den weiteren wichtigen Kriterien. Das Unterschreiten des MAP < 50 mmHg oder < 60 mmHg muss umgehend durch die Gabe von vasoaktiven Medikamenten korrigiert werden.

Die Kriterien für die präoperative Patientinnen- und Patientenauswahl bei kontrollierter Hypotension werden in Abbildung 4 veranschaulicht:

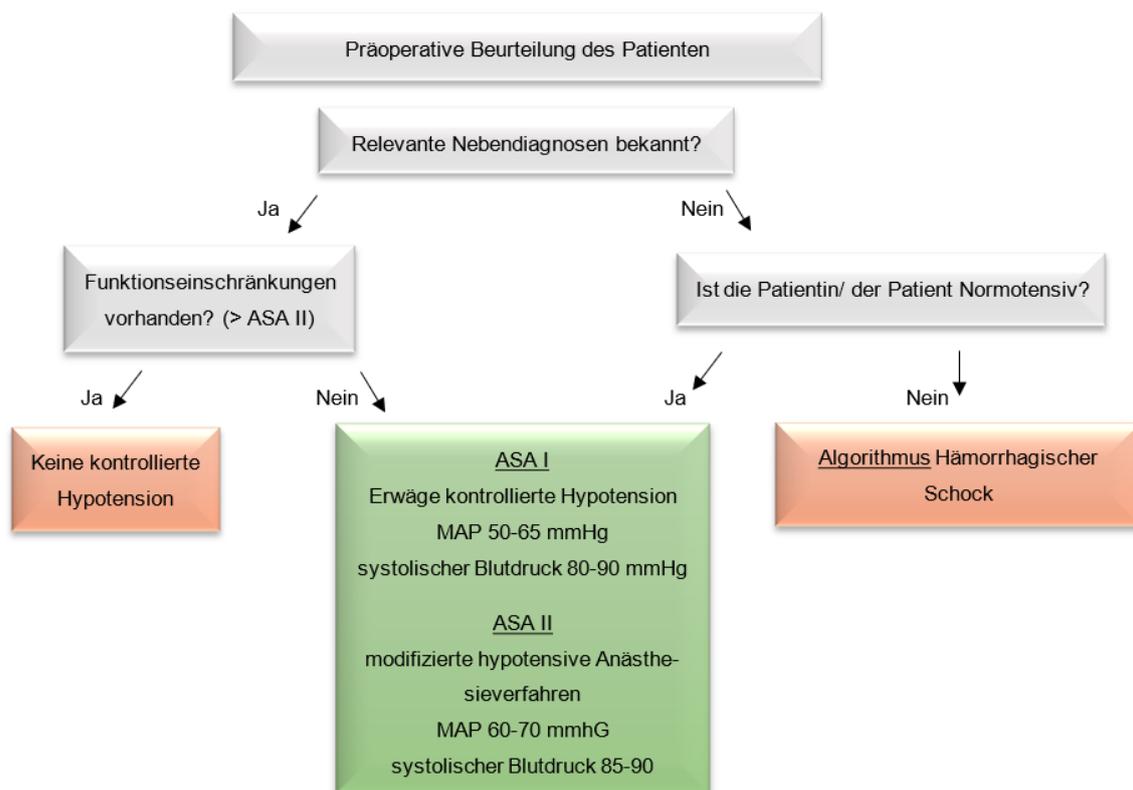


Abbildung 4: Shows patient selection criteria's and practical steps to apply deliberate hypotension for management of intraoperative blood loss. Modifiziert von Morabito, S. in Anlehnung an Tegege, Gebregzi & Arefayne (2021).

3.5 Operationslagerung

Eine optimale Operationslagerung verschafft dem chirurgischen Ärzteteam den bestmöglichen Zugang zum Operationsgebiet (Roewer & Thiel, 2017). Die Wahl der richtigen Lagerung ist gemäss Peter und Hofer (2018) vor einer Operation unabdingbar, da immer auch ein Risiko einer verstärkten intraoperativen Blutung besteht. Roewer und Thiel (2017) bestätigen, dass aufgrund der verschiedenen Lagerungsformen insbesondere das Herz-Kreislaufsystem physiologisch verändert wird. Der venöse Rückstrom steht dabei im Vordergrund. Das Absenken der Beine bewirkt einen Abfall des Herzzeitvolumens und des Blutdrucks. Beim Anheben der Beine kann dahingegen der venöse Rückfluss gesteigert werden. Gemäss Fink (2018) werden in der THA und TKA Patientinnen und Patienten vorwiegend in Rückenlage operiert.

Als förderliche und einfache Massnahme wirkt die optimale Operationslagerung einem Blutverlust entgegen. Um den venösen Druck zu senken, sollte die Operation über Herzhöhe stattfinden. Besonders bei der TKA eignet sich die Lagerung über Herzhöhe (Boluki, 2011). Habler (2019) zählt in dieser Angelegenheit die Trendelenburg-Lagerung und Seitenlagerung auf. Erhard und Vallböhmer (2018) schliessen sich Boluki (2011) an und ergänzen die optimale Lagerung als Massnahme im PBM. Gestützt auf verschiedene Studien fassen Shah, Palmer und Klein (2020) die Auswirkungen von Lagerungen auf den Blutverlust zusammen. Eine Rückenlagerung mit gekippter Linkslagerung verhindert die Kompression der Vena cava. Bei Nasennebenhöhlenoperationen hat sich die Anti-Trendelenburg-Lagerung und in der THA die Seitenlagerung bewährt. Die aufgeführten Lagerungen scheinen den Blutverlust zu reduzieren.

4 Diskussion

Trotz der WHO-Empfehlungen und der vielen Studien zeigt sich, dass sich die Umsetzung vom PBM-Konzept in den Institutionen kaum durchgesetzt hat. Gründe finden sich gemäss Meybohm et al. (2017) unter anderem in fehlenden personellen und finanziellen Ressourcen. Dadurch, dass es in 6 Massnahmenbündel und weiteren 107 Einzelmassnahmen unterteilt wird, könnte das PBM-Konzept einfach und individuell in den Institutionen implementiert werden. Mithilfe präventiver Massnahmen vom PBM-Konzept, kann das Blutvolumen der Patientinnen und Patienten erhalten werden, wodurch sie besser auf eine bevorstehende Operation vorbereitet werden können. Im Weiteren verbessert die Implementierung aller 3 Säulen des PBM-Konzepts das Outcome der Patientinnen und Patienten.

Weber und Zacharowski (2018) sowie Peter und Hofer (2018) verdeutlichen, dass die Aufrechterhaltung der Gerinnung ein wichtiger Kernpunkt ist, um einem Blutverlust entgegenzuwirken. Dabei betonen sie, dass verschiedene Rahmenbedingungen der physiologischen Hämostase elementar sind. Zudem kann eine restriktive Volumentherapie als eine präventive

Behandlungsmöglichkeit verstanden werden. In dieser Hinsicht stimmen Rehm et al. (2019) Weber und Zacharowski (2018) sowie Peter und Hofer (2018) zu. Eine Definition der restriktiven Volumentherapie wird aber nicht erkannt. Weiter weisen sie auf das Konzept der zielgerichteten und verlustangepassten Flüssigkeitstherapie hin. Anhand verschiedener Veröffentlichungen können sie die Vorteile einer restriktiven gegenüber der liberalen Flüssigkeitstherapie erkennen. Dabei sollte jedoch nicht ausser Acht gelassen werden, dass es keine Standardisierung in den Begriffen „restriktiv“ und „liberal“ gibt und sie daher auch nicht einheitlich verwendet werden. Es ist denkbar, dass dies ein Grund dafür sein könnte, warum die Flüssigkeitstherapie in der Praxis unterschiedlich bewertet und gehandhabt wird.

Gestützt auf bereits vorhandene Studien, ist die Meta-Analyse von Heyns et al. (2021) die erste, welche die Wirksamkeit und Sicherheit einer einzelnen präventiven Gabe von TXA i.v. identifiziert. Die Verabreichung von TXA in der Endoprothetik kann den Blutverlust und den Transfusionsbedarf senken. Auch zeigen die Ergebnisse, dass die Gabe die Komplikationsrate nicht erhöht hat. Dagegen ist kritisch einzuwenden, dass Peter und Hofer (2018) noch keine optimale Dosierung empfehlen können. Die prophylaktische Gabe soll anhand der Kontraindikationen und Risiko-Nutzen-Verhältnis abgewogen werden.

Die Leitlinie von Torossian et al. (2019) "Vermeidung perioperativer Hypothermie" zeigt Parallelen zu der durchgeführten Studie von Simpson et al. (2018). Die Autoren und Autorinnen kommen zum Schluss, dass die Hypothermie noch immer zu den häufigsten Nebenwirkungen im operativen Setting zählt. Das Review von Shah, Palmer und Klein (2020) fasst zusammen, welche Auswirkung eine Hypothermie auf den Blutverlust haben kann. Anhand der Studienergebnisse und der Leitlinie von Torossian et al. (2019) lässt sich schliessen, dass die Erhaltung der Normothermie wichtig ist. Verschiedene Massnahmen werden in der Leitlinie von Torossian et al. (2019) beschrieben die einer Hypothermie entgegenwirken. Intraoperative Kombinationen mit aktiver, passiver Wärmung und eine Saaltemperatur $> 21^{\circ}\text{C}$ zeigen sich als effektiv, verhindern jedoch das Risiko einer Hypothermie nicht. Für Peter und Hofer (2018) stellt die Durchführung der aktiven Wärmung jedoch eine Herausforderung in der orthopädischen Chirurgie dar. Je nach Eingriff können nur kleine Körperoberflächen gewärmt werden. Nach Torossian et al. (2019) hat darum das Prewarming einen besonderen Wert, welches mindestens 25 Minuten andauern sollte. Gemäss Iden und Höcker (2017) werden zusätzliche Geräte und mehr Platz benötigt, um das Prewarming durchzuführen (zitiert in Sitzmann, 2021). Im Weiteren ist die intraoperative Temperaturmessung und die richtige Wahl der Messmethode erforderlich. Die Messung der Körperkerntemperatur sollte jeweils eine Stunde vor einer Operation gemessen und intraoperativ kontinuierlich überwacht werden. Die aufgeführten Messmethoden sind mit guter qualitativer Messgenauigkeit verbunden. Die Anwendung der oralen

Messmethode bei wachen Patientinnen und Patienten benötigt jedoch deren Kooperation. Zudem sollte das Bewusstsein für die Körperkerntemperaturmessung im Anästhesieteam vorhanden sein. Dies, weil die Messung vor jeder Operation durchgeführt werden müsste. Auch dann, wenn die Operationsdauer kurz ist. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass vor allem bei kurzen Operationen häufig darauf verzichtet wird. Im Weiteren ist die Verweildauer im Vorbereitungsraum der Anästhesie beschränkt, weil die Patientinnen und Patienten oft nach der Einleitung der Narkose zeitnah in den Operationssaal gefahren werden. Auch sollte bedacht werden, dass nicht alle Personen die Wärme tolerieren (Torossian et al., 2019; Sitzmann, 2021).

Im Ereignis im Kapitel 1.1 wird erkennbar, dass das chirurgische Ärzteteam aus hygienischen Gründen in der THA und TKA, die Wärmung mit einem Luftgebläse erst nach der Abdeckung der Patientinnen und Patienten bevorzugte. Iden und Höcker (2017) entgegnen, dass die konvektive Luftwärmung auch vor der sterilen Abdeckung empfohlen wird.

Die Wahl der Anästhesieform kann dazu beitragen den Blutverlust zu reduzieren. Es wird deutlich, dass in der Anästhesiewahl die periphere RA im Gegensatz zur Allgemeinanästhesie geeigneter ist. Zhu et al. (2015) teilen die Auffassung von Boluki (2011), dass RA-Verfahren mit weniger Blutverlust einhergehen. Die Studie von Zhu et al. (2015) zeigt jedoch nicht auf, welches RA-Verfahren dazu beiträgt den Blutverlust zu reduzieren. Bei der Betrachtung der Ergebnisse von Boluki (2011) muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass RA-Verfahren mit anderen fremdblutsparenden Massnahmen kombiniert wurden. Daher lässt sich nicht retrospektiv beurteilen, ob RA-Verfahren alleine oder hauptsächlich für diesen blutsparenden Effekt verantwortlich sind.

Die beiden Studien zeigen einerseits auf, dass RA-Verfahren einen guten Effekt haben können. Andererseits können diese jedoch nicht bei allen Patientinnen und Patienten durchgeführt werden, weil es immer auch die Mitarbeit der zu Behandelnden erfordert. Auch hängt dieses Verfahren von der Operationsdauer ab.

Die systemische Überprüfung und Leitlinie von Tegegne, Gebregzi und Arefayne (2021) beschreiben, dass die kontrollierte Hypotension eine effektive Massnahme ist, um den intraoperativen Blutverlust zu reduzieren. Insbesondere gilt sie auch als sichere Massnahme, wenn die Kriterien berücksichtigt werden. Im Weiteren wird deutlich, dass neuraxiale RA zu den sicheren Anwendungen der kontrollierten Hypotension gelten. Der Einsatz von verschiedenen Medikamenten, die für die Steuerung der kontrollierten Hypotension benötigt werden, sind auch mit diversen Nebenwirkungen verbunden. Demzufolge stellt sich im Weiteren die Frage, ob diese Massnahme für wache Patientinnen und Patienten geeignet ist oder nicht eher die Allgemeinanästhesie der neuraxiale RA vorgezogen werden sollte. Shah, Palmer und Klein

(2020) und Tegegne, Gebregzi und Arefayne (2021) erklären, welche Gefahren bei einer kontrollierten Hypotension geschehen können. Auch zeigen sie auf, bei welchen Personen diese Massnahme nicht in Betracht gezogen werden sollte. Tegegne, Gebregzi und Arefayne (2021) fordern, dass eine strenge Überwachung, während der Durchführung einer kontrollierten Hypotension, notwendig ist.

Die Operationslagerung wird als förderliche und einfache Massnahme verstanden, um dem Blutverlust entgegenzuwirken. Während Boluki (2011) zudem sagt, dass die Lagerung über Herzhöhe in der TKA besonders gut geeignet ist, fügt Fink (2018) hinzu, dass THA- und TKA-Operationen vorwiegend in Rückenlage durchgeführt werden. Gemäss Shah, Palmer und Klein (2020) scheint sich in der THA die Seitenlagerung zu bewähren. Es wird festgestellt, dass diese Ergebnisse leider keine endgültigen Antworten darauf geben, welche Lagerung in der THA den Blutverlust reduzieren kann.

5 Schlussfolgerungen

Im Folgenden wird die Fragestellung *"Wie kann ein erwarteter hoher Blutverlust bei Patientinnen und Patienten mithilfe des intraoperativen anästhesiologischen Managements unter Berücksichtigung des Patient Blood Management minimiert werden?"*, aus den Erkenntnissen dieser Diplomarbeit beantwortet.

Es kann festgehalten werden, dass eine Einführung des **PBM-Konzepts** in der orthopädischen Klinik vor allem dazu dient, das Blutvolumen bei Patientinnen und Patienten zu erhalten. Demnach erweist sich das Konzept als optimale Vorbereitung der Patientinnen und Patienten auf die bevorstehende Operation. Die Erhaltung der physiologischen Hämostase erweist sich im **Gerinnungsmanagement** als elementar. Insgesamt zeigt sich die restriktive gegenüber der liberalen Flüssigkeitstherapie als vorteilhaft. Der prophylaktische Einsatz von TXA sollte, wenn keine Kontraindikationen bestehen, in der Chirurgie in Betracht gezogen werden, um die operativen Blutungen zu reduzieren. Eine Risiko-Nutzen-Abwägung ist demzufolge angebracht. Patientinnen und Patienten sollten über die Notwendigkeit einer **Vorwärmung** aufgeklärt werden. Prewarming müsste wo immer möglich angewendet werden. Besteht diese Möglichkeit nicht, können sie beim Eintreffen im Vorbereitungsraum der Anästhesie aktiv und passiv gewärmt werden, wobei lange Unterbrechungen zu vermeiden sind. Die intraoperative Wärmung ist ein weiterer wichtiger Bestandteil, um die Normothermie zu erhalten. Vor einer Operation sollte die Körperkerntemperatur unbedingt gemessen werden.

Fasst man die Ergebnisse aus den Studien über das **Anästhesieverfahren** von Zhu et al. (2015) und Boluki (2011) zusammen, kann geschlussfolgert werden, dass weitere Studien erforderlich sind. Diese Studien sollten eruieren, welches konkrete RA-Verfahren den Blutverlust zu reduzieren vermag. Um genauere Ergebnisse zu erzielen, bräuchte es Untersuchungen, bei denen RA-Verfahren ohne fremdblutsparende Massnahmen durchgeführt werden. Die **kontrollierte Hypotension** zeigt sich als effektive Massnahme, um den intraoperativen Blutverlust zu minimieren. Betrachtet man die kontrollierte Hypotension als Ganzes, lässt sich sagen, dass sie nur unter Berücksichtigung ihrer Kriterien, als sicher erscheint. Es entstand jedoch die Frage, ob die Massnahme auch für wache Personen geeignet ist oder ob die Allgemeinanästhesie der RA vorgezogen werden sollte. Dieser Frage könnte in einer anderen Diplomarbeit nachgegangen werden. Ob eine invasive Überwachung erforderlich ist, bleibt offen und kann vielleicht durch weitere Studien untersucht werden. Die Erkenntnisse betreffend der **Operationslagerung** ergeben leider keine abschliessenden Antworten darauf, welche Lagerung in der THA den Blutverlust reduzieren kann. Aus diesem Grund sollten weitere Untersuchungen stattfinden, damit diese Forschungslücke geschlossen werden kann.

6 Reflexion

Anhand meiner Ausführungen zum Thema wurde deutlich, wie vielseitig und komplex der intraoperativer Blutverlust im Allgemeinen ist. Ich konnte verschiedene Aspekte nur andiskutieren, was mir teilweise sehr schwer fiel, da ich bestimmte Themen gerne noch vertieft hätte. Zum Beispiel die Volumentherapie, die Gerinnungsdiagnostik mittels ROTEM und deren Gerinnungsalgorithmen. Auch interessierte ich mich für die Handlungsmöglichkeiten bei Menschen, die aus religiösen Gründen keinen Blutersatz möchten, wie beispielsweise die Zeugen Jehovas. Oft stiess ich beim Recherchieren auf Studien, die für mich sehr spannend waren, jedoch im Rahmen dieser Arbeit keinen Platz fanden.

Eine Antwort auf die Frage, wie ein erwarteter hoher Blutverlust bei Patientinnen und Patienten mithilfe des intraoperativen anästhesiologischen Managements unter Berücksichtigung des PBM minimiert werden kann, konnte ich herausarbeiten. Das Ziel, das PBM zu beschreiben und deren Vorteile aufzuzeigen, ist mir gelungen. Jedoch konnte ich auch feststellen, dass noch Schwierigkeiten in deren Umsetzung in den Spitälern bestehen. Ich habe anästhesierelevante Aspekte des PBM im Detail beschrieben und erklärt. Dies stellte mich vor eine Herausforderung, weil ich die Abgrenzung der Aspekte in den theoretischen Grundlagen nicht immer gleich priorisieren konnte. Evidenzbasierte Massnahmen, mit denen Fachpersonen der Anästhesie einen intraoperativen Blutverlust minimieren können, habe ich aufgezeigt. Hierbei erkannte ich, dass viele ineinanderflossen, was mir das Zuordnen nicht vereinfachte. Ich habe Handlungsempfehlungen aus den Literaturrecherchen hergeleitet und festgestellt, dass weiterhin Handlungs- und Optimierungsbedarf vor allem bei der Entwicklung der interdisziplinären Zusammenarbeit besteht.

Mir wurde beim Schreiben dieser Arbeit bewusster, welche Rolle die Anästhesiepflegefachkräfte im Bereich der Prävention beim erwarteten hohen Blutverlust spielen und was ihre Aufgaben darin sein können. Die Einflussfaktoren, welche in dieser Arbeit genannt wurden, sollen Fachleuten bei der Entwicklung von möglichen Präventionsmassnahmen als Hinweise dienen. In meinem Anästhesiealltag achte ich nun vermehrt darauf, präventive Massnahmen umzusetzen und durch das erworbene Fachwissen zu begründen.

Beim kritischen Recherchieren der Fachliteratur, fiel mir ausserdem auf, dass noch Forschungslücken bestehen, darum erachte ich es für sinnvoll aktuelle Daten in neuen qualitativen Studien zu ermitteln.

7 Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich bei allen Personen, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben:

Ein besonderer Dank geht an meine Eltern, Schwester und Freunde, welche mir während dieser intensiven Zeit stets den Rücken freihielten, mich unterstützten und motivierten.

Ich bedanke mich bei Karin Müller, die mich in Fachgesprächen kompetent beriet, bei Drazen Tomic und Dr. med. Severin Urech für die professionellen Feedbacks im Bereich Anästhesiemanagement.

Ein herzliches Dankeschön geht ausserdem an Melanie und Frédéric Chastagnol, für die Hilfe bei der Formatierung, Gestaltung und für die Korrekturen dieser Diplomarbeit.

Ein tiefempfundenes Dankeschön an meinen Mentor Sven von Niederhäusern, für das Gegenlesen dieser Arbeit, für die kompetenten Fachgespräche und konstruktiven Rückmeldungen.

8 Literaturverzeichnis

- Bauer, M., Doll, D. & Hönemann, C. (2019). Therapie der präoperativen Anämie – Empfehlungen für die Abrechenbarkeit der Kosten im klinischen Alltag. *Der Anaesthetist*, 8. S. 538, Berlin: Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature
- Bischoff, D. (2020). Themenheft Gerinnungsdiagnostik. *Perioperative Medizin aktuell*. S. 1-8
- Blum, Valeska. L., Kohlhof, K., Wirtz, D., Zacharowski, K. & Meybohm, P. (2020). Patient Blood Management in der Orthopädie und Unfallchirurgie. *CME-Fortbildung*, 15 (3). S. 239-255, Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Boluki, D. (2011). Einfluss blutsparender Massnahmen auf Blutbedarf und perioperative Komplikationsraten in der Knieendoprothetik. *Aus dem Lehrstuhl für Orthopädie der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg*. S. 78; 85
- Bräuer, A. (2019). Aktive Wärmung- S3-Leitlinie Vermeidung von perioperativer Hypothermie. In Torossian, A., Becke, K., Bein, B., Bräuer, A., Gantert, D., Greif, R., ... Wulf, H. *AWMF online, Das Portal der wissenschaftlichen Medizin*, S. 35-40
- Bundesamt für Statistik [BFS]. (2020). *Chirurgische Eingriffe nach CHOP-Kapitel*. Abgefragt am 24.01.2021, von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/gesundheit/gesundheitswesen.assetdetail.14840662.html>
- Bundesärztekammer [BÄK]. (2020). *Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten-Gesamtnovelle 2020*. Berlin: BÄK.
- Connelly, L., Cramer, E., DeMott, Q., Piperno, J., Coyne, B., Winfield, C. & Swanberg, M. (2016). *The Optimal Time and Method for Surgical Prewarming: A Comprehensive Review of the Literature*. Abgefragt am 27.02.2021, von <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2015.11.010>
- Erhard, J. & Vallböhmer, D. (2018). Die 2. Säule des PBM – Minimierung von Blutung und Blutverlust. In Gombotz, H., Zacharowski, K. & Spahn, D., (Hrsg.). *Patient Blood Management* (2. Auflage). (S. 116-125). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Ferraris, Victor. A., Davenport, Daniel. L., Saha, Siby. P., Austin, Peter. C. & Zwischenberger, Joseph. B. (2012). Surgical Outcomes and Transfusion of Minimal Amounts of Blood in the Operating Room. *American Medical Association*, 147(1), S. 49-55

- Fink, T. (2018). Orthopädie. In Larsen, R., (Hrsg.). *Anästhesie* (11.Auflage). (S. 1123-1130). München: Elsevier
- Gemeinsame Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin [DGAI, DGCH, DGIM]. (2017). Präoperative Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nicht herz-thoraxchirurgischen Eingriffen, *Anästhesiologie Intensivmedizin*, 58, S. 349-364
- Gombotz, H. & Hofmann A. (2018). Grundlagen. In Gombotz, H., Zacharowski, K. & Spahn, D., (Hrsg.). *Patient Blood Management* (2. Auflage). (S. 18-23). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Grote, R., Wetz, A. J., Bräuer, A. & Menzel, M. (2018). *Vorwärmung entsprechend der „S3 Leitlinie Vermeidung von unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie 2014“*. Abgefragt am 07.01.2021, von <https://doi.org/10.1007/s00101-017-0384-3>
- Habler, O. (2019). Intraoperativer Volumenersatz, Transfusion und Behandlung von Gerinnungsstörungen. In Rossaint, R. et al. (Hrsg.). *Die Anästhesiologie*. (4. Auflage). (S. 1009-1045). Berlin: Springer Verlag
- Heyns, M., Knight, P., Steve, Anna. K., & Yeung, Justin. K. (2021). *A Single Preoperative Dose of Tranexamic Acid Reduces Perioperative Blood Loss: A Meta-analysis*. Abgefragt am 01.03.2021, von <https://doi.org/10.1097/SLA.00000000000003793>
- Hoffman, M. & Monroe III, D.M. (2001), A cell-based model of hemostasis. *Thrombosis and haemostasis*, 85(06), S. 958-965
- Holten, D., Zaar, P. & Kessler, S. (2017). Transfusionstrigger in der orthopädischen Endoprothetik. *Z Orthop Unfall*, 155, S. 1-6, Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Hoth, M. & Wischmeyer, E. (2021). Die Hämostase. In Behrends, J., Bischofberger, J., Deutzmann, R., Ehmke, H., Frings, S., Grissmer, S., ... Wischmeyer, E. (Hrsg.). *Duale Reihe Physiologie*. (4. Auflage). (S. 189-198). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Hurrlemann, K., Klotz, T. & Haisch, J. (Hrsg.). (2010). Einführung: Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. *Prävention und Gesundheitsförderung*. (S. 13). Bern: Hans Huber Verlag
- Kastner, P. & Trentino, K. (2018). Umsetzung des PBM-Konzepts. In Gombotz, H., Zacharowski, K. & Spahn, D., (Hrsg.). *Patient Blood Management* (2. Auflage). (S. 48). Stuttgart: Georg Thieme Verlag

- Keller, M. & Magunia, H. (2019). Perioperative Gerinnungsstörung: Diagnostik und Therapie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 54 (06), S. 386-401, Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Kozek-Langenecker, S., Ahmed, A., Afshari, A., Albakadejo, P., Aldecoa, C., Barauskas, G., ... Zacharowski, K. (2017). Management of severe perioperative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology. *Eur J Anaesthesiol*, 34(6), S. 332-395
- Lu, Q., Peng, H., Zhou, G. J. & Yin, D. (2018). Perioperative blood management strategies for total knee arthroplasty. *Orthopaedic surgery*, 10(1), S. 8-16
- Malek, M. (2018). Die 2. Säule des PBM – Minimierung von Blutung und Blutverlust. In Gombotz, H., Zacharowski, K. & Spahn, D., (Hrsg.). *Patient Blood Management* (2. Auflage). (S. 126-131). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Meybohm, P., Richards, T., Isbister, J., Hofmann, A., Shander, A., Goodnough, L., ... Zacharowski, K. (2017). Patient Blood Management Bundles to Facilitate Implementation. *Transfusion Medicine Reviews*, 31(1), S. 64
- Meybohm, P., Schmitz-Rixen, T., Steinbicker, A., Schwenk, W. & Zacharowski, K. (2017). Das Patient-Blood-Management-Konzept Gemeinsame Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie. *Der Chirurg*, 88(10), S. 867-870
- Peter, C. & Hofer, S. (2018). PBM in der Chirurgie. In Gombotz, H., Zacharowski, K. & Spahn, D., (Hrsg.). *Patient Blood Management* (2. Auflage). (S. 240-243). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Rajagopalan, S., Mascha, E., Na, J., & Sessler, D. I. (2008). The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 108(1), S. 71-77
- Rehm, M., Hulde, N., Kammerer, T., Meidert, A. S., & Hofmann-Kiefer, K. (2019). State of the art in fluid and volume therapy. *Der Anaesthesist*, 63(1), S. 1-14
- Roewer, N. & Thiel, H. (Hrsg.). (2017). *Taschenatlas Anästhesie*. (6. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Schmied, H., Reiter, A., Kurz, A., Sessler, D. I. & Kozek, S. J. T. L. (1996). *Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirements during total hip arthroplasty*. Abgefragt am 15.02.2021, von [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(96\)90466-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)90466-3)

- Shah, A., Palmer, A. J. R. & Klein, A. A. (2020). Strategies to minimize intraoperative blood loss during major surgery. *British Journal of Surgery*, 107(2), S. 1-24
- Simpson, Jordan.B., Thomas, Vijai. S., Ismaily, Sabir. K., Muradov, Pawel. I., Noble, Philip.C. & Incavo, Stephen. J. (2018). *Hypothermia in Total Joint Arthroplasty: A Wake-Up Call*. Abgefragt am 22.02.2021, von <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.10.057>
- Sitzmann, F. (2021). Perioperatives Wärmemanagement-nur mit Konzept effektiv! *CNE (Certified Nursing Education)*, 11. S. 24-36, Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG
- Tegegne, S. S., Gebregzi, A. H., & Arefayne, N. R. (2021). Deliberate hypotension as a mechanism to decrease intraoperative surgical site blood loss in resource limited setting: a Systematic review and Guideline. *International Journal of Surgery Open*, 29, S. 55-65
- Torossian, A., Becke, K., Bein, B., Bräuer, A., Gantert, D., Greif, R., ... Wulf, H. (2019). S3-Leitlinie Vermeidung von perioperativer Hypothermie. *AWMF online, Das Portal der wissenschaftlichen Medizin*, S. 11-17
- Thorsten, A. (2018). Perioperative Flüssigkeits- und Elektrolyttherapie. In Larsen, R., (Hrsg.). *Anästhesie* (11.Auflage). (S. 631). München: Elsevier
- Vieten, M. (2009). Die wichtigsten Laborwerte von A-Z. *Laborwerte verstehen leicht gemacht*. Stuttgart: Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co.KG
- Waskowski, J., Schefold, J.C. & Stueber, F. (2019). *Prophylaktische Anwendung von Tranexamsäure in der nichtkardialen Chirurgie*. Abgefragt am 01.03.2021, von <https://doi.org/10.1007/s00063-018-0402-5>
- Weber, C. & Zacharowski, K. (2018). Die 2. Säule des PBM – Minimierung von Blutung und Blutverlust. In Gombotz, H., Zacharowski, K. & Spahn, D., (Hrsg.). *Patient Blood Management* (2. Auflage). (S. 108-115). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- World Health Organization [WHO]. (1968). *Nutritional anaemias*. Abgefragt am 05.03.2021, von <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40707>
- Zhu, M., Chen, J. Y., Tan, Y. R., Yew, A. K. S., Chong, H. C., Chia, S. L., ... & Yeo, S. J. (2015). *Effects of anesthetic technique on blood loss and complications after simultaneous bilateral total knee arthroplasty*. Abgefragt am 16.01.2021, von <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2188-8>

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Roter glänzender blutstropfen lokalisiert auf weissem hintergrund. Premium-Vektor. Abgerufen am 05.03.2021 unter freepik.com</i>	0
Abbildung 2: <i>Blutverlust bei Frakturen</i>	8
Abbildung 3: <i>Blutgabe in Abhängigkeit vom Anästhesieverfahren</i>	19
Abbildung 4: <i>Shows patient selection criteria's and practical steps to apply deliberate hypotension for management of intraoperative blood loss. Modifiziert von Morabito, S. in Anlehnung an Tegegne, Gebregzi & Arefayne (2021).</i>	20

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: <i>Transfusionsempfehlungen der Bundesärztekammer, 2020 (eigene Darstellung)</i>	11
---	----

11 Abkürzungen

ASA	American Society of Anesthesiologists
aPTT	aktivierte partielle Thromboplastinzeit
EK	Erythrozytenkonzentrat
Hb	Hämoglobin
Hk	Hämatokrit
i.v.	intravenös
MAP	mittlerer arterieller Druck
MAT	maschinelle Autotransfusion
O ₂	Sauerstoff
PBM	Patient Blood Management
paCo ₂	Kohlenstoffdioxid im arteriellen Blut
RA	Regionalanästhesie
ROTEM	Rotationsthrombelastometrie
THA	Hüftarthroplastik
TKA	Kniearthroplastik
TP	Totalendoprothese
TPZ/INR	Thromboplastinzeit
TXA	Tranexamsäure
WHO	Weltgesundheitsorganisation
vWF	von-Willebrand-Faktor

12 Selbstdeklaration

Ich bestätige,

dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst habe und dass fremde Quellen, welche in der Arbeit enthalten sind, deutlich gekennzeichnet sind.

dass alle wörtlichen Zitate als solche gekennzeichnet sind.

dass ich die Bereichsleitung Weiterbildung vorgängig informiere, wenn die Arbeit als Ganzes oder Teile davon veröffentlicht werden.

Ich nehme zur Kenntnis, dass das Bildungszentrum Xund über die Aufnahme der Diplomarbeit in der Bibliothek, einer Aufschaltung auf der Homepage des Bildungszentrums Xund oder auf Homepages von Fachgesellschaften entscheidet. Sie kann ebenso zu Schulungszwecken für den Unterricht in den NDS Studien AIN verwendet werden.

Ort und Datum: Obfelden, 29. März 2021

Vorname, Name: Stefania Morabito

Unterschrift:

S. Morabito