

Blutsperre in der Anästhesie

Welche pathologischen Veränderungen entstehen durch das Hilfsmittel Blutsperre?

Ronny Loebe

NDS HF Anästhesiepflege

Kurs H18

Universitätsspital Zürich AUFN B OP

Datum: 16.04.2020

Zusammenfassung

Bei traumatologischen Operationen ist die Installation einer Blutsperre eine spezielle Technik zur Erzeugung optimaler Operationsfelder. Die Blutsperre stellt hier ein effizientes Hilfsmittel dar, birgt allerdings auch ein hohes Potential an Komplikationen.

«Dieses Hilfsmittel, obwohl manchmal unbequem und unzuverlässig, gewährleistet die sicherste Form der chirurgischen Ischämie, wenn es richtig gepolstert bis zu einem bekannten Druck aufgeblasen und von einem interessierten Anästhesisten beobachtet wird» wie R. Sanders das treffend beschreibt. (Sanders, 1973)

In der Diplomarbeit werden Begrifflichkeiten, welche die Anwendung einer intraoperativen Blutsperre betreffen definiert und Zusammenhänge mittels fachlicher Literaturrecherche erklärt.

Auf dieser Basis wird die Wechselbeziehung des anästhesiologischen Managements auf pathologische Veränderung dargestellt.

Mit dem Ziel fachliches Wissen zu erweitern, ein vorausschauendes Arbeiten zu ermöglichen und so das anästhesiologische Management zu optimieren.

Eine von mir erstellte Infografik, soll in vereinfachter visueller Form das Verständnis für die komplexen Phasen, in der Anwendung einer intraoperativen Blutsperre erleichtern.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1
 1.1 Ausgangslage 1
 1.2 Fragestellung 1
 1.3 Abgrenzung..... 1
 2 Hauptteil..... 2
 2.1 Definition Blutsperre/ Blutleere 2
 2.1.1 Vorteile 2
 2.1.2 Nachteile/ Risiken 2
 2.1.3 Indikation/ Kontraindikationen..... 3
 2.1.4 Arten..... 3
 2.2 Installationsphase 4
 2.2.1 Auswahl der Blutsperremanschette 4
 2.2.2 Anlage der Blutsperremanschette 5
 2.3. Ischämiephase 5
 2.3.1 Metabolismus 6
 2.3.2 Verschiebung von Blutvolumen 6
 2.3.3 Temperaturveränderung 6
 2.3.4 Hautschäden 6
 2.3.5 Nervenschäden..... 7
 2.3.6 Muskelschäden 7
 2.3.7 Blutsperremanschetten Schmerz 7
 2.4 Reperfusionphase 8
 2.4.1 Verschiebung von Blutvolumen 8
 2.4.2 Temperaturveränderung 8
 2.4.3 Metaboliten 8
 2.4.4 Reaktive Sauerstoffspezies..... 8
 2.5 Anästhesiologische Management..... 9
 2.5.1 Präoperative Phase 9
 2.5.2 Installationsphase..... 9
 2.5.3 Ischämiephase 10
 2.5.4 Reperfusionphase 11
 2.5.5 Postoperative Phase 12
 3 Reflexion / Praxistransfer 12
 4 Literaturverzeichnis..... 1

Literaturverzeichnis
 Abbildungsverzeichnis
 Selbständigkeitserklärung
 Veröffentlichung und Verfügungsrecht

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Im Rahmen meines Nachdiplomstudiums Anästhesie absolvierte ich ein Praktikum von 4 Monaten im Notfall-OP.

Im Notfall-OP finden sehr viele Eingriffe in der Fachrichtung Traumatologie statt. Speziell in diesem Fall nutzten sie ein Hilfsmittel, welches mir in der Anwendung und Auswirkung auf mein anästhesiologisches Management noch unbekannt war. Die Blutsperre. Sie verschafft dem Chirurgen optimale Operationsbedingungen, um komplexe, rekonstruktive und mikrochirurgische Eingriffe an Gefäße, Nerven und Gewebe durchzuführen.

Die Anwendung einer Blutsperre führt jedoch auch zu pathologischen systemischen und lokalen Veränderungen.

Neben der Entstehung freier Sauerstoffradikaler und die Einwanderung von Leukozyten, kommt es zu muskulären Zellschäden mit Ödembildung, Störung der Vasomotorik als auch zu inflammatorischen Prozessen, welche das anästhesiologische Management beeinflussen.

Ein multifaktorieller Ablauf, welcher bei Kenntnissen über die zugrundeliegende Pathophysiologie, helfen kann die richtigen Schritte im anästhesiologischen Management einzuleiten.

Meine Motivation liegt darin, die einzelnen Phasen dieses komplexen Ablaufes näher zu betrachten und zu verstehen. Es soll eruiert werden, in wie weit pathologische Veränderungen das anästhesiologische Management beeinflussen.

Mit dem Verständnis soll das anästhesiologische Management optimiert und im Gegensatz dazu sollen Gefahrenpotentiale minimiert werden.

1.2 Fragestellung

Die zuvor geschilderten Auswirkungen, des komplexen Ablaufes, führte zu den von mir behandelten Fragestellungen. Auf folgende medizinische Fragen soll am Ende eine Antwort gegeben werden!

- Welche pathologischen Veränderungen entstehen durch das Hilfsmittel Blutsperre?
- Wie kann man diese aus anästhesiologischer Sicht beeinflussen?

1.3 Abgrenzung

Patientengruppen wie Kinder, Notfallpatienten und Schwangere sowie Patienten mit Stoffwechselerkrankungen und Gefäßerkrankungen schließe ich aus. Nicht berücksichtigen werde ich Lokal- und Regionalanästhesien im Rahmen der chirurgischen Operationen.

Bei meinen Recherchen und Auseinandersetzungen im Rahmen meiner Diplomarbeit beziehe ich mich ausschließlich auf chirurgische Eingriffe, mit der Patienten Klassifikation American Society of Anesthesiologists 1+2 (ASA).

2 Hauptteil

2.1 Definition Blutsperre/ Blutleere

Joseph Lister benutzte 1864 als erster Chirurg die Blutsperre als Hilfsmittel mit dem Ziel der Herstellung optimaler Operationsbedingungen. Das Ziel einer Blutsperre hat sich heutzutage nicht geändert, jedoch fand bei der technischen Umsetzung eine wesentliche Weiterentwicklung statt. (M, 2017)

Die Blutsperre wird in der Literatur, als eine Art iatrogene Minderung der Blutzirkulation, in einem lokalen Kreislaufgebiet beschrieben.

Hierfür wird mittels einer Blutsperremanschette, ein klar definierter Druck auf die Haut und die darunterliegenden Gewebeschichten ausgeübt. Dieser Prozess führt zu einer Unterbrechung der arteriellen und venösen Blutzirkulation.

Die Angabe des Drucks erfolgt in der Maßeinheit Millimeter Quecksilbersäule (mmHg). Bezüglich der Höhe des zu wählenden Manschettendrucks existieren in der Fachliteratur verschiedene Angaben. (Doris Schmidt, 2005)

Angewendet werden meist definierte Manschettendrücke, für die obere Extremität 200-250 mmHg und für die untere Extremität 300-350 mmHg beziehungsweise an den Patienten adaptierte Drücke 100-200 mmHg oberhalb des systolischen Blutdrucks.

Dieser Druck sollte zeitlich begrenzt sein.

Die Blutleere ist eine zusätzliche Methode, um das befindliche Restblut in der Extremität zu entfernen.

Hierfür wird vor dem aktivieren der Blutsperremanschette, die Extremität hochgelagert und von distal nach proximal mittels einer Esmarch Binde ausgewickelt. (Doris Schmidt, 2005)

Die Blutsperre ist in der heutigen Medizin ein sehr häufig eingesetztes Hilfsmittel.

Regelmäßige Anwendung findet sie bei Operationen an Extremitäten im Bereich Orthopädie, Traumatologie und Handchirurgie. Der englische Begriff für Blutsperre welcher in der Literatur verwendet wird ist Tourniquet.

2.1.1 Vorteile

Vorteile für die Anwendung einer intraoperativen Blutsperre sind:

- Eine bessere Übersicht im Operationsgebiet,
- In Folge dessen wird das atraumatische Präparieren wesentlich erleichtert,
- Ein durch die Operation bedingter Blutverlust kann reduziert werden.

Diese Faktoren bilden die Grundlage für die Effektivität in der Anwendung einer Blutsperre. Trotz der Schaffung optimaler Operationsbedingungen sollte die Anwendung einer Blutsperre nur unter sorgfältigen abwägen der Kontraindikationen angewendet werden. (Margret Liehn, 2018)

2.1.2 Nachteile/ Risiken

Nachteile der Anwendung einer intraoperativen Blutsperre sind:

- Austrocknung des Wundgebietes,
- Eine größere Gefahr von Wundheilungsstörung,
- Eine verlängerte postoperative Rehabilitationsphase.

Neben den Nachteilen können bei der Anwendung einer Blutsperre auch Komplikationen, die von unbedeutend, geringfügig bis hin zu kritisch reichen entstehen.

Daher sollte bei der Anwendung einer Blutsperre ein gründliches und individuell dem Patienten angepasstes Nutzen Risiko Verhältnis erstellt werden. (Margret Liehn, 2018)

Risiken der Anwendung einer intraoperativen Blutsperre sind:

- Nervenschäden,
- Muskelschäden,
- Verbrennungen,
- Thrombose,
- Hautnekrosen,
- Kompartmentsyndrom.

Trotz der Nachteile und der bestehenden Risiken sind die Anwendungsmöglichkeiten einer Blutsperre sehr vielfältig. (Margret Liehn, 2018)

2.1.3 Indikation/ Kontraindikationen

Mögliche Indikationen der Anwendung sind:

- Operationen am Sprung- und Kniegelenk,
- Operationen an der Hand, am Handgelenk, Unterarm und im Bereich des unteren und mittleren Oberarms,
- Entfernung von Tumoren der Extremitäten mit voraussichtlich hohem Blutverlust,
- Implantation von Endoprothesen, wenn die Resektionsflächen der Gelenkkörper zur Zementierung der Prothesenkomponenten trocken sein sollen.

(Margret Liehn, 2018)

Mögliche Kontraindikationen der Anwendung sind:

- Starke Hypertonie,
- Offene Frakturen im Bereich Manschettenanlage,
- Arterielle Verschlusskrankheit,
- Frische Hautdeckungsimplantate,
- Liegender Shunt oder Gefäßprothesen. (Margret Liehn, 2018)

Um eine Blutsperre zu aktivieren, wird ein Blutsperngerät und eine Blutsperrmanschette benötigt. Ein Blutsperngerät ist funktionell gesehen ein Kompressionsgerät.

Über eine Kompression mittels einer Blutsperrmanschette, werden der venöse und der arterielle Blutfluss der betreffenden Extremität unterbrochen.

In der heutigen Zeit wird dies Druckkontrolliert und zeitlich begrenzt durchgeführt.

2.1.4 Arten

Es existieren zwei Arten von Blutsperngeräten.

1. Nicht pneumatische Systeme

Das sind einfache Bänder, welche aus Gummi oder Stoff bestehen. Sie werden umgangssprachlich als Staubänder bezeichnet. Im operativen chirurgischen Alltag finden sie keine Anwendung. Genutzt werden sie noch im täglichen pflegerischen Gebrauch um Blutentnahmen durchzuführen oder intravenöse Zugänge zu legen.

Außerhalb des Krankenhauses haben sie an Bedeutung gewonnen.

Verwendet werden Tourniquets hauptsächlich im Rettungsdienst und Militär.

Hierbei zur prähospitalen Anlage, um massive Extremitäten Blutungen durch Kompression zu kontrollieren. (Margret Liehn, 2018)

2. Pneumatische Systeme

Pneumatische Systeme bestehen im Wesentlichen aus dem Blutsperrgerät und der Blutsperrmanschette. Dabei stellt das Blutsperrgerät die Steuereinheit dar. Über die Steuereinheit wird ein konstant kontrollierter Manschettendruck gewährleistet. Die Regulation kann elektrisch mittels einer integrierten Druckluftpumpe oder über eine an der zentralen Druckluftversorgung angeschlossenen Leitung erfolgen. (Margret Liehn, 2018)

Wir verwenden im klinischen Alltag im Universitätsspital Zürich pneumatische Systeme der Firma ZIMMER.

Der Prozess der intraoperativen Anwendung einer Blutsperrung, erfolgt in 3 Phasen.

1. Installationsphase
2. Ischämiephase
3. Reperusionsphase

Im nächsten Abschnitt erfolgt eine Darstellung der Anwendung sowie der pathologischen Veränderungen bei der intraoperativen Anwendung einer Blutsperrung.

2.2 Installationsphase

Die Installationsphase wurde von mir in 2 wichtige Arbeitsschritte unterteilt.

- a) Auswahl der Blutsperrmanschette
- b) Anlage der Blutsperrmanschette

1.2.1 Auswahl der Blutsperrmanschette

Die Auswahl der Blutsperrmanschette erfolgt durch den Chirurgen in Zusammenarbeit mit der OP-Pflege.

Blutsperrmanschetten werden zur optimalen Installation am Patienten in unterschiedlichen Formen, Längen und Breiten angeboten.

Um die richtige Länge der Blutsperrmanschette zu ermitteln, wird ein zum Produkt entsprechendes Maßband genutzt. Durch abmessen der Extremität mittels des Maßbandes, wird durch eine Farbkodierung die entsprechende Länge angezeigt.

Breite Blutsperrmanschetten bewirken eine verbesserte Druckübertragung auf tieferliegendes Gewebe. Daher sollte die möglichst breiteste Manschette gewählt werden.

Die Standard Form einer Blutsperrmanschette stellt die zylindrische Form dar. Diese passt optimal an zylindrisch geformte Extremitäten.

Bei sehr muskulösen oder adipösen Extremitäten empfiehlt es sich zur optimalen Passform eine konisch geformte Blutsperrmanschette zu verwenden.

Nach Auswahl der richtigen Blutsperrmanschette sollte vor Anwendung eine Sicht- und Funktionsprüfung durchgeführt werden. (Margret Liehn, 2018)

Aus der Literatur (Margret Liehn, 2018) wird ein entsprechender Ablauf empfohlen:

- Alle Anlagen auf dem Label der Manschette sollen vollständig lesbar sein,
- Die Manschette darf keine Risse, Löcher und beschädigte Nähte haben,
- Konnektoren werden auf den richtigen Sitz und Funktion überprüft,
- Der Manschetten- und Klettverschluss muss intakt und frei von Fremdkörpern sein,
- Ausreichende Haftwirkung des Manschetten- und Klettverschlusses muss geprüft werden,
- Funktionsprüfung am Blutsperrgerät vornehmen.

Beschädigte oder defekte Manschetten dürfen nicht verwendet werden.
Die Anlage einer Blutsperrmanschette erfolgt mit der Anästhesie zusammen.

1.2.2 Anlage der Blutsperrmanschette

Die betroffene Extremität wird begutachtet und eine optimale Stelle zum Sitz der Blutsperrmanschette ausgewählt.

Zu beachten ist:

- a) Eine gute Unterpolsterung mit Polyesterwatte,
- b) Ein enges Anliegen der Manschette für eine optimale Druckverteilung,
- c) Manschettenschlauch wird immer wegführend vom OP-Gebiet angebracht,
- d) Abdichtung mittels Schutzhülle. (Margret Liehn, 2018)

Nachdem die Blutsperrmanschette an der entsprechenden Extremität installiert ist, sollte ein «Team time out» durchgeführt werden, in dem alle wichtigen und kritischen Schritte des chirurgischen Eingriffs besprochen werden.

Um optimale chirurgische Bedingungen zu schaffen wird die entsprechende Extremität vor Aktivierung der Blutsperrmanschette hochgelagert.

Die Hochlagerung der Extremität über Herzniveau bewirkt einen forcierten venösen Rückstrom. Das anschließende Auswickeln der Extremität erfolgt mittels einer Esmarch Binde von distal nach proximal. Durch diesen Vorgang wird das sich noch in den Gefäßen befindliche Blut entfernt.

Jetzt kann eine Aktivierung der Blutsperrmanschette mit dem zuvor besprochenen Druck erfolgen. Die Aktivierung der Blutsperrmanschette wird im anästhesiologischen Protokoll vermerkt.

2.3. Ischämiephase

Mit der Aktivierung der Blutsperrmanschette beginnt die Ischämiephase.

In der Ischämiephase kommt es zu einer iatrogen verursachten lokal begrenzten Minderdurchblutung des Gewebes.

Dies führt in der entsprechenden Extremität, schon nach kurzer Zeit zu einer ischämischen Hypoxie.

Im menschlichen Körper stellt eine Ischämie einen zellulären Stressor dar.

Dieser Stressor induziert zelluläre Veränderungen wie:

- Veränderte Osmolalität,
- Erhöhte intrazelluläre Kalziumkonzentration,
- Akkumulation freier Sauerstoff Radikale (ROS),
- Intrazelluläre PH-Wert Senkung,
- Erniedrigung der ATP Konzentration,
- Glykogenverarmung. (Werner Böcker, 2019)

2.3.1 Metabolismus

Die durch die Blutsperre verursachte Gewebschämie ist also durch metabolische, zelluläre und mikrovaskuläre Veränderungen gekennzeichnet.

Ein Zustand, in dem der zelluläre Energiebedarf größer ist als die Energieproduktion aus dem aeroben Stoffwechsel.

Um die energetische Versorgung der Zellen zu gewährleisten muss nun die anaerobe Stoffwechsellage aktiviert werden.

Beim anaeroben Energiestoffwechsel erfolgt nun durch Abbau von Glukose über chemische Reaktionen die Bereitstellung von Lactat und ATP.

Dieser Prozess der Energiebereitstellung in Form von Glykolyse wird aktiv durch Hypoxie induzierte Faktoren (HIF) gefördert. Sie aktivieren vermehrt Glukosetransporter, um eine bedarfsgerechte zelluläre Glukoseaufnahme zu bewirken.

Studien zeigen hier eine signifikante Abnahme der Glukosekonzentration sowie einen signifikanten Anstieg der Lactatkonzentration.

Die Akkumulation von Lactat und Kohlendioxid in der betreffenden ischämischen Extremität, sowie dessen defizitärer Abbau, führt zu einer Übersäuerung des Gewebes.

Bei einem PH-Wert $< 7,35$ spricht man von einer Gewebsazidose. Diese Gewebsazidose versucht der Körper lokal über kompensatorische Prozesse auszugleichen.

Wasserstoffionen werden im Austausch mit den Kaliumionen in die Zelle verschoben.

Mit der Folge einer Erhöhung der Kaliumkonzentration. Bei einer Erhöhung über 5,5 Millimol pro Liter spricht man von einer Hyperkaliämie. (Ashir Ejaz, 2015)

2.3.2 Verschiebung von Blutvolumen

Das Blutvolumen beim Erwachsenen beträgt etwa 4-6 Liter.

Es wird geschlechtsspezifisch differenziert. Bei Männern sind es ca. 7,5 Prozent des Körpergewichts entsprechen 75 Milliliter pro Kilogramm und bei Frauen 6,5 Prozent des Körpergewichts entsprechen 65 Milliliter pro Kilogramm. Das Blutvolumen einer unteren Extremität wird in der Literatur mit 400 Milliliter angegeben. Die Anwendung einer Blutsperre auf einer Extremität bewirkt zum einen eine Verschiebung von Blutvolumen von peripher nach zentral als auch eine Erhöhung des systemischen Widerstandes.

Es zeigt sich eine für diesen Prozess typische hämodynamische Veränderung, einen Anstieg des Blutdrucks, des zentral venösen Drucks, des intrakraniellen Drucks und eine Reduktion der Herzfrequenz. (Klenerman, 2003)

2.3.3 Temperaturveränderung

Das zirkulierende Blutvolumen im Körper hat eine Temperatur von ca. 37.0 Grad Celsius.

Es stellt im Rahmen der Thermoregulation des Körpers einen wichtigen Faktor dar.

Wird die entsprechende Extremität durch die Aktivierung der Blutsperre von dieser Regulation getrennt, führt das zum Auskühlen der Extremität.

Bei der zentralen Körpertemperatur zeigt sich dagegen ein Anstieg nach Aktivierung der Blutsperre.

In der Studie (J.-P. ESTEBE, 1996) zeigt sich ein Anstieg von 0,5-1 Grad Celsius.

Dieser Mechanismus wird versucht zu erklären mit einem verringerten Wärmeverlust über die Haut der ischämischen Extremität sowie eine langsame Freisetzung von ischämischen Metaboliten aus der ischämischen Extremität in den systemischen Kreislauf.

Der Transport und die Freisetzung wird über die Gefäßknochen ermöglicht.

2.3.4 Hautschäden

Schäden der Haut zählen bei korrekter Anlage der Blutsperre mit einer Häufigkeit von 1% zu den eher seltenen Komplikationen.

Bei mangelhafter Anlage und bei Anwendungsdauer > 3 Stunden können durch Bewegung Reibungsverbrennungen sowie Blasen und Drucknekrosen verursacht werden. Chemische Verbrennungen können durch Desinfektionsmittel, welche Spiritus enthalten erzeugt werden. (McEwen, 2019)

2.3.5 Nervenschäden

Verletzungen an Nerven, iatrogen durch die Anwendung einer Blutsperrung verursacht, zählen zu den häufigsten Komplikationen.

Das Ausmaß der Schädigung reicht von leicht reversiblen Funktionsstörungen, bis hin zu einer direkten irreversiblen Nervenschädigung in Form einer Lähmung.

Diese Schädigungen können durch mechanische Kompression und oder axonale Hypoxie verursacht werden.

Die Neuropraxie stellt hier die häufigste Form der Nervenverletzung dar.

Diese reversible durch Druckbelastung verursachte Schädigung, benötigt unter günstigen Bedingungen eine Regenerationszeit von 1-3 Monaten. (Siewert, 2013)

Symptomatisch können sich Sensibilitätsstörungen, Muskelschwäche oder passagere Lähmung zeigen. Schwere irreversible Nervenschädigungen sind bei korrekter Anlage und Anwendungsdauer < 2 Stunden selten beschrieben. (McEwen, 2019)

2.3.6 Muskelschäden

Schäden an muskulären Geweben können mechanischen oder ischämischen Ursprungs sein. Die Ischämietoleranz eines Skelettmuskels ist in der Literatur mit unterschiedlichen Angaben beziffert. Eine Ischämiezeit von 2 Stunden sollte nicht überschritten werden, um mögliche Komplikationen wie funktionelle und morphologische Schäden zu verhindern. Mechanisch am Muskel verursachte Drucknekrosen sind selten beschrieben. Diese Komplikation zeigt sich bei mangelhafter Anlage, zu hohen Inflationsdrücken und zu langer Anwendungsdauer. Häufiger in der Literatur zu finden sind eine reversible verringerte Kraftproduktion des Muskels. Der Verlust der Muskelkraft erholte sich nach einem Zeitraum von ca. 3 Wochen. (David Liu, 2014)

Hypoxie und Azidose steigern die kapillare Permeabilität und dadurch den vermehrten Flüssigkeitstransport von intravasal nach intrazellulär.

Die Folge ist ein intrazelluläres Ödem, eine Endothelzellschwellung und eine intravaskuläre Hämokonzentration. (F. Simon¹ · A. Busch², 2016)

2.3.7 Blutsperrmanschetten Schmerz

Der Blutsperrmanschetten Schmerz ist eines der häufigsten intraoperativen Komplikationen.

Typische Symptome des Blutsperrmanschetten Schmerzes sind die Erhöhung der Herzfrequenz und des Blutdrucks zum Teil über die Norm hinaus.

Diese sich darstellende Hypertonie und Tachykardie kann während der Ischämiephase trotz angemessener Schmerztherapie auftreten. Diese vitalen Veränderungen treten je nach Schmerztoleranz unterschiedlich auf.

Studien zeigen, dass die durchschnittliche Zeit der Schmerztoleranz nach Aktivierung der Blutsperrmanschette beim sedierten Patienten ca. 45 Minuten beträgt.

Ursächlich hierfür sind neurophysiologische und somatische Mechanismen.

Die aktivierte Blutsperrung führt zu einer Kompression der Nervenfasern.

Dadurch kommt es zu einer veränderten Aktivität der Nerven. Einige werden gehemmt andere in ihrer Aktivität erhöht. Über die Nerven mit erhöhter Aktivität erfolgt die Schmerzvermittlung. Die Schmerzvermittlung und eine entsprechende humorale Antwort induzieren die beschriebenen vitalen Veränderungen. (Klenerman, 2003)

2.4 Reperfusionsphase

Mit dem Öffnen der Blutsperremanschette erfolgt die 3. Phase im Prozess der intraoperativen Anwendung einer Blutsperre.
Hier kommt es zur Reperfusion der ischämischen Extremität.

2.4.1 Verschiebung von Blutvolumen

Der periphere Widerstand nimmt ab und zentrales Blutvolumen wird nach peripher verschoben.

Systemische Folgen sind in Form einer Änderung vitaler Parameter sichtbar.
Der zentral venöse Druck als auch der Blutdruck sinken innerhalb kurzer Zeit auf ein Niveau teilweise unterhalb des Ausgangswertes. (Klenerman, 2003)

2.4.2 Temperaturveränderung

Aufgrund der Umverteilung des zirkulierenden Blutvolumens in die kalte und vasodilierte Extremität kommt es zu einer signifikanten Abnahme der Körpertemperatur um ca. 0,7 Grad Celsius. (J.-P. ESTEBE, 1996)

2.4.3 Metaboliten

In der zuvor von mir beschriebenen Ischämiephase sind signifikante metabolische Änderungen in der ischämischen Extremität erklärt.

Die in der Ischämiephase kumulierenden Metaboliten, Kalium, Lactat und Kohlendioxid werden nach dem Öffnen der Blutsperre in den systemischen Kreislauf eingeschwemmt. Der Körper zeigt eine hohe Metaboliten Clearance, Peaks werden nach 3-4 Minuten und Ausgangswerte nach ca. 300 Minuten erreicht. (Ashir Ejaz, 2015)

Das Ausmaß der daraus entstehenden Komplikationen ist sehr unterschiedlich.

Bei kardiologischen vorbelasteten Patienten, kann eine erhöhte Kaliumkonzentration, EKG-Veränderungen und Rhythmusstörungen hervorrufen.

Auch ein Anstieg des arteriellen Kohlenstoffdioxidpartialdrucks um 3 mmHg und des endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Partialdruck um 1-3 mmHg ist zu verzeichnen.

Eine Erhöhung des arteriellen Kohlenstoffdioxidpartialdrucks führt auch zu einem gesteigerten zerebralen Blutfluss. Die daraus resultierende intrakranielle Drucksteigerung kann zu einer Hirnschwellung führen. (Kadoi Y1, 1999)

2.4.4 Reaktive Sauerstoffspezies

Die Entstehung von reaktiven Sauerstoffspezies wird als großer Faktor im Rahmen von Reperfusionsschäden gesehen.

Während der Reperfusion gelangt sauerstoffreiches Blut in die zuvor ischämische Extremität. Das führt zu verschiedenen komplexen oxidativen Prozessen mit der Entstehung von freien Sauerstoffradikalen. Die Sauerstoffradikale wie Wasserstoffperoxid oder Superoxid können durch weitere Umwandlungsprozesse eine Zellmembran schädigende Auswirkung aufweisen.

Neben diesen direkten gewebeschädigenden Effekten, bewirken die Sauerstoffradikale auch eine Aktivierung von Leukozyten und proinflammatorischen Mediatoren. Diese Aktivierung der Leukozyten führt zu einer vermehrten Migration dieser in das umliegende Gewebe.

Die im Gewebe befindlichen Leukozyten produzieren selbst neue Sauerstoffradikale und Mediatoren. Sie induzieren eine weitere Schädigung des Gewebes sowie eine Zunahme des

interstitiellen Ödems. (F. Simon¹ · A. Busch², 2016) Mit der weiteren Zunahme des Ödems kommt es zur Druckerhöhung in der von Faszien umschlossenen Loge. Als Folge kann hier ein akutes Kompartmentsyndrom entstehen. Pathologisch entsteht durch die Druckerhöhung eine Störung der vaskulären Mikrozirkulation mit nachfolgenden Schäden an Muskel, Blutgefäßen und Nerven.

Ohne chirurgische Intervention kann es zu irreversiblen neuromuskulären Schäden kommen. (Mühlbacher J, 2013)

Die Kombinierte Wirkung von Muskelischämie, Ödeme und Störung der mikrovaskulären Zirkulation kann zu einem Post Tourniquet Syndrom führen.

Das Post Tourniquet Syndrom ist gekennzeichnet durch Ödeme, Steifheit, Blässe, Schwäche und subjektive Taubheit an der zuvor ischämischen Extremität.

(Klenerman, 2003)

2.5 Anästhesiologische Management

Blutsperrgeräte sind eines der am häufigsten angewendeten Systeme in der traumatologischen Chirurgie. Die Verwendungsmöglichkeiten sind sehr vielseitig und von mir im ersten Teil ausführlich beschrieben.

Bei fehlerhafter Anwendung in Form von falschen oder defekten Materialien oder mangelhafter Installation kann diese Methode jedoch viele Komplikationen implizieren. Ebenfalls können falsch interpretierte Veränderungen von Vitalparametern zu medizinisch nicht korrekten Handlungen führen.

Wissen über den Prozess der Anwendung einer Blutsperrung ist die Grundvoraussetzung für ein adäquates reagieren auf Veränderungen sowie ein sicheres und vorausschauendes Arbeiten.

Wie kann man die pathologischen Veränderungen aus anästhesiologischer Sicht beeinflussen?

Auf der Basis, der im ersten Abschnitt dargestellten Grundlagen und Zusammenhänge soll jetzt ein Praxistransfer zum anästhesiologischen Management stattfinden.

In meiner Arbeit habe ich mich vorrangig auf die intraoperative Anwendung einer Blutsperrung bezogen.

Zu der Installationsphase, Ischämiephase und Reperfusionsphase möchte ich im Praxistransfer auch kurz auf die Prä- und Postoperative Phase eingehen.

Daraus ergeben sich 5 Phasen, die für das anästhesiologische Management relevant sind.

2.5.1 Präoperative Phase

Die gründliche Anamnese und körperliche Untersuchung sind die Basis für eine optimale Beurteilung des Patienten.

In der Anamnese sollte ein standardisiertes Schema abgearbeitet werden. Besonderes Augenmerk liegt bei den Kontraindikationen.

Im Rahmen der körperlichen Untersuchung sollte hier eine genaue Inspektion der Haut und Muskulatur der zu operierenden Extremität erfolgen.

Pathologische Hautveränderungen sind als Kontraindikationen anzusehen.

Auch eine gründliche Aufklärung des Patienten über Risiken und Komplikationen gehört zum optimalen Gesamtkonzept dazu.

2.5.2 Installationsphase

Der Patient wird anästhesiologisch eingeleitet. Hier ist zu beachten, dass alle Installationen an der gegenüberliegenden Extremität erfolgen. Ein optimaler Zeitpunkt für die Applikation des Antibiotikums ist 20 min vor Aktivierung der Blutsperre.
(J.-P. ESTEBE, 1996) (Michael Robindra Sarkar, 1999)

In der Installationsphase sind wir von der Anästhesie eher passiv beteiligt. Die vollständige Installation der Blutsperremanschette wird durch den Chirurgen mit Hilfe der OP-Pflege durchgeführt.

Wir haben hier im intraoperativen Team eine wichtige Beobachterrolle.
Stets fokussiert sein sollten wir auf:

- Hautverhältnisse an der betreffenden Extremität,
- Polsterung vorhanden,
- Schutzhülle vor Desinfektionsmittel,
- Funktionskontrolle erfolgreich durchgeführt,
- Richtiger Inflationsdruck eingestellt.

Sind diese Kriterien erfüllt, kann man von einer korrekten Umsetzung der Anlage einer Blutsperremanschette ausgehen.

Häufige Wechsel von Teammitgliedern in dieser sensiblen Phase sind nicht selten.

Die Informationsübermittlung erfolgt oft in reduzierter Form.

Eine nonverbale Kommunikation unter den Teammitgliedern wie Gestik und Mimik um auf Sicherheitsaspekte und Bedenken aufmerksam zu machen ist in dieser Phase zu wenig.

Daher sollte eine verbindliche Kommunikation in Form eines «Speak-up» stattfinden.

Eine wichtige Resource in der Installationsphase um die Patientensicherheit zu gewährleisten.

2.5.3 Ischämiephase

Nach der Aktivierung der Blutsperre erfolgt die Ischämiephase mit einer Veränderung der Vitalparameter.

Mit dem Ausbinden der Extremität, kommt es zu einer Zunahme des systemischen Blutvolumens und des systemischen Widerstandes.

Man geht davon aus, dass eine untere Extremität ca. 400 ml Blutvolumen beinhaltet.

Der Blutdruck und der zentralvenöse Druck steigen geringfügig an. Die Kompensation des erhöhten Blutvolumens erfolgt durch physiologische Prozesse im Körperkreislauf. Sind hier keine stark pathologischen Veränderungen sichtbar, bedarf es keiner anästhesiologischen Handlung.

Auch typisch für die Anwendung einer intraoperativen Blutsperre ist der Anstieg der Körpertemperatur.

Hier ist es wichtig das Wärmemanagement rechtzeitig anzupassen und den Patienten im normothermen Bereich zu halten.

Die Kommunikation ist auch in dieser Phase ein wichtiger Punkt, sie bindet das Team und nutzt optimal dessen Ressourcen.

Wichtige zu kommunizierende Punkte sind:

- Anästhesiologische Probleme (Kreislauf, Beatmung),
- Chirurgische Probleme (Gefäßverletzung, Schwierigkeiten im Ablauf),
- Blutsperrezeit (Intervall von 30min),
- Sichtprüfung des Inflationsdrucks.

Die durchschnittliche Schmerztoleranz eines sedierten Patienten nach Aktivierung einer Blutsperre beträgt ca. 45 Minuten.

Typisch in diesem Zeitfenster sind sich verändernde Vitalparameter, welche das klinische Bild eines Blutsperremanschetten Schmerzes abbilden.

Die Herzfrequenz und der Blutdruck steigen an.

In der Literatur werden verschiedene therapeutische Möglichkeiten aufgezeigt.

Im Rahmen des anästhesiologischen Schmerzmanagement haben sich neben der Basisanalgesie mit Metamizol und Paracetamol auch die Applikation von Opiaten bewährt. Studien zeigen bei Patienten mit Anwendung einer Blutsperre, einen höheren Opiatbedarf. (Promil Kukreja, 2018)

Zusätzliche Maßnahmen wären die intravenöse Gabe von Ketamin oder Clonidin. (L, 2012) Kurz vor dem Öffnen der Blutsperre, sollte ein anästhesiologischer «Check up» zur Vorbereitung auf die Reperfusionphase erfolgen.

Der Patient sollte sein:

- Kreislauf stabil,
- Normotherm,
- Normokapnie.

Wir sollten uns im Bereich von Normwerten bewegen, um optimale Voraussetzungen für die Reperfusionphase zu schaffen. Diese optimalen Bedingungen sollten eine bessere Kompensation der pathologischen Veränderungen ermöglichen.

Kreislauf stabilisierende Medikamente sollten sich im Backup befinden.

(J.-P. ESTEBE, 1996)

2.5.4 Reperfusionphase

Mit dem Öffnen der Blutsperre wird der zuvor unterbrochene Blutfluss wiederhergestellt und die ischämische Extremität perfundiert.

Aufgrund der Verschiebung des Blutvolumens in die periphere Extremität kommt es zu einem Abfall des Blutdrucks. Führt dies zu einer Hypotonie, muss diese effizient therapiert werden. Zur Stabilisierung können hier Sympathomimetika wie Ephedrin oder Katecholamine wie Noradrenalin genutzt werden. Auch Volumengaben bei höheren Flüssigkeitsverlusten sind induziert.

Mit der Perfusion der kalten vasodilierten Extremität sinkt die Körpertemperatur um ca. 0,7 Grad Celsius. Das Wärmemanagement mit dem Ziel einer Normothermie sollte frühzeitig angepasst werden.

Die in der Ischämiephase kumulierenden Stoffwechselendprodukte werden jetzt systemisch eingeschwenkt. Peak Konzentrationen von Lactat, Kalium und Kohlendioxid werden nach 1-2 Minuten erreicht. Eine arterielle Blutgasanalyse kann helfen die aktuelle Situation im Ausmaß einzuschätzen und die Differenz zwischen dem arteriellen Kohlenstoffdioxidpartialdruck und des endexpiratorischen Kohlenstoffdioxidpartialdruck zu bestimmen, um eine optimale Anpassung der Beatmungsparameter umzusetzen. Das Ziel ist eine Normokapnie! In der Studie (Kadoi Y1, 1999) wird durch eine Hyperventilation eine Normokapnie erhalten und der Anstieg des cerebralen Blutflusses verhindert.

Zeigt sich in der arteriellen Blutgasanalyse eine relevante metabolische Störung in Form einer Azidose, kann neben der respiratorischen Kompensation durch Optimierung der Beatmungsparameter auch medikamentös mit Natriumbikarbonat als Puffersubstanz gearbeitet werden. Zur Bestimmung der optimalen Dosis des Natriumbikarbonats ist folgende Berechnung erforderlich.

Base Excess x 0,3 x kg/KG = mmol Natriumbikarbonat (Esch, 2007)

Nach medikamentöser Intervention sollte eine zweite Blutgasanalyse zur Kontrolle erfolgen. Zu beachten ist, Azidosen bewirken eine verminderte Reaktion der Gefäße auf Katecholamine. Ein geringer Anstieg der Kaliumkonzentration ist in der Regel symptomlos. Bei höheren Kaliumkonzentrationen sind EKG Veränderung und Herzrhythmusstörung möglich.

2.5.5 Postoperative Phase

Nach der Ausleitung des Patienten folgt die postoperative Phase mit der Übergabe an den Aufwachraum. Der Übergaberaport stellt einen komplexen Arbeitsverlauf dar. Ein optimaler Übergaberaport ist eine Voraussetzung für eine korrekte und reibungslose Betreuung des Patienten. Er sollte wichtige Aspekte im Rahmen der intraoperativen Anwendung einer Blutsperrung enthalten.

Diese sind:

- Aufgetretene Komplikationen,
- Anwendungsdauer,
- Inflationsdruck,
- Hautbeschaffenheit,
- Schmerztherapie,
- Volumenbilanz,
- Medikamentengabe.

Zwei weitere wichtige Schwerpunkte für den Aufwachraum stellen einmal die Kompartimentüberwachung dar. Hier sollte die intermittierende Überwachung eine Schmerzkontrolle, Umfangsmessung der Extremität, Überprüfung der distalen Pulse und eine Überprüfung der Sensibilität beinhalten.

Sowie eine suffiziente Schmerztherapie!

„Schmerz ist das was der Patient beschreibt und existiert wann immer er es sagt“
(Margo MacCaffery, 1997).

Studien zeigen, dass bei intraoperativer Anwendung von Blutsperrsystemen der postoperative Opiatbedarf erhöht ist. (Promil Kukreja, 2018)

Die Schmerzintensität, sollte regelmäßig über normierte Skalen wie zum Beispiel der numeric rating scale beurteilt werden. Die Bestrebung sollte eine Schmerzlinderung in ein geringes Schmerzniveau sein.

3 Reflexion / Praxistransfer

Mit meiner Diplomarbeit habe ich das Thema der pathologischen Veränderungen bei Anwendung einer Blutsperrung behandelt.

Mit der weiteren Vertiefung in die Literatur, zeigte sich mir, dass die einfache Anwendung einer Blutsperrung, sehr komplexe Abläufe im Körper verursacht.

Komplexe Abläufe, bei denen der Körper durch Kompensationsmechanismen sich schützt und so die Anwendung überhaupt erst ermöglicht.

Mit dem Wissen und Verständnis darüber können wir den Körper in dieser Phase zum richtigen Zeitpunkt unterstützen und das Komplikationsrisiko senken.

Ich habe mir viel Wissen aneignen können und wurde auch sensibilisiert gewissenhaft zu arbeiten. Auch die Teamarbeit stellte sich hier als wichtiger Faktor dar.

Zentral ist die effektive Zusammenarbeit der Teammitglieder.

Gerade der Operationsbereich im Notfall stellt einen sehr dynamischen Bereich der Patientenversorgung dar. Häufige Wechsel der Teammitglieder während der Operation sind nicht selten. Daher finde ich es von besonders großer Bedeutung, im Interesse des Patienten eine intensive und effektive Kommunikation im Subteam zu verwirklichen, um schnell und adäquat mit gemeinsamen Strategien regieren zu können.

Die Literatur zeigt auf, dass die Qualität der Teamarbeit im Operationsbereich, auch eine Wirkung auf die Patientenversorgung in Qualität und Sicherheit ausübt.

Daher ist es besonders wichtig das alle Teammitglieder sich am Prozess Blutsperrre konzentriert und konstruktiv beteiligen. Gerade weil schon eine mangelhafte Anlage Komplikationen induzieren kann.

Mit der Hilfe der Literatur konnte ich meine Fragestellung mehrheitlich beantworten.

Zu den vom mir dargestellten pathologischen Veränderungen konnte ich mögliche anästhesiologische Handlungen darstellen.

Die Forschung geht noch mehrere Schritte weiter als meine Diplomarbeit. Mit dem Verstehen der Mechanismen konnte man eine positive Wirkung bestimmter Medikamente auf diese komplexen Abläufe des Körpers nachweisen.

Ein Themengebiet welches sicher eine zweite Diplomarbeit gefüllt hätte.

Ich werde das Thema nochmals angehen, um auch hier mein fachliches Wissen im Bereich der Medikamente zu erweitern.

Mein aktuelles Ziel ist es, über eine kleine Infografik, welche die wichtigsten Phasen und deren Veränderungen zeigt, Studierende für die Anwendung einer Blutsperrre zu sensibilisieren. Visuelle Informationen werden von einem Großteil der Bevölkerung leichter aufgenommen und verarbeitet. Daher habe ich mich für eine Infografik entschieden, um das komplexe Thema auf wenige wichtige Phasen und Stichpunkte zu reduzieren.

Hierdurch wird ein besseres Verständnis erzeugt und durch Kombination von Grafik und Text wichtige Informationen schnell und einfach vermittelt. Diese Infografik, dargestellt in Abbildung 1, könnte man ausdrucken und in einem kleinen persönlichen Lernbuch integrieren. Mir ist bewusst das ein anästhesiologisches Management kein starres Instrument, sondern ein individuell dem Patienten angepasstes sein sollte.

Daher bedarf es viel Erfahrungen pathologische Veränderungen richtig deuten zu können.

Mit der Infografik biete ich eine kleine Basis, auf die man mit weiteren eigenen Erfahrungen sehr gut aufbauen kann. Um so pathologische Veränderungen mit einem adäquaten anästhesiologischen Handeln zu begegnen, ein vorausschauendes Arbeiten zu ermöglichen und den Bereich Anästhesie ein wenig sicherer zu machen.

Anästhesiologische Management bei der intraoperativen Anwendung einer Blutsperre

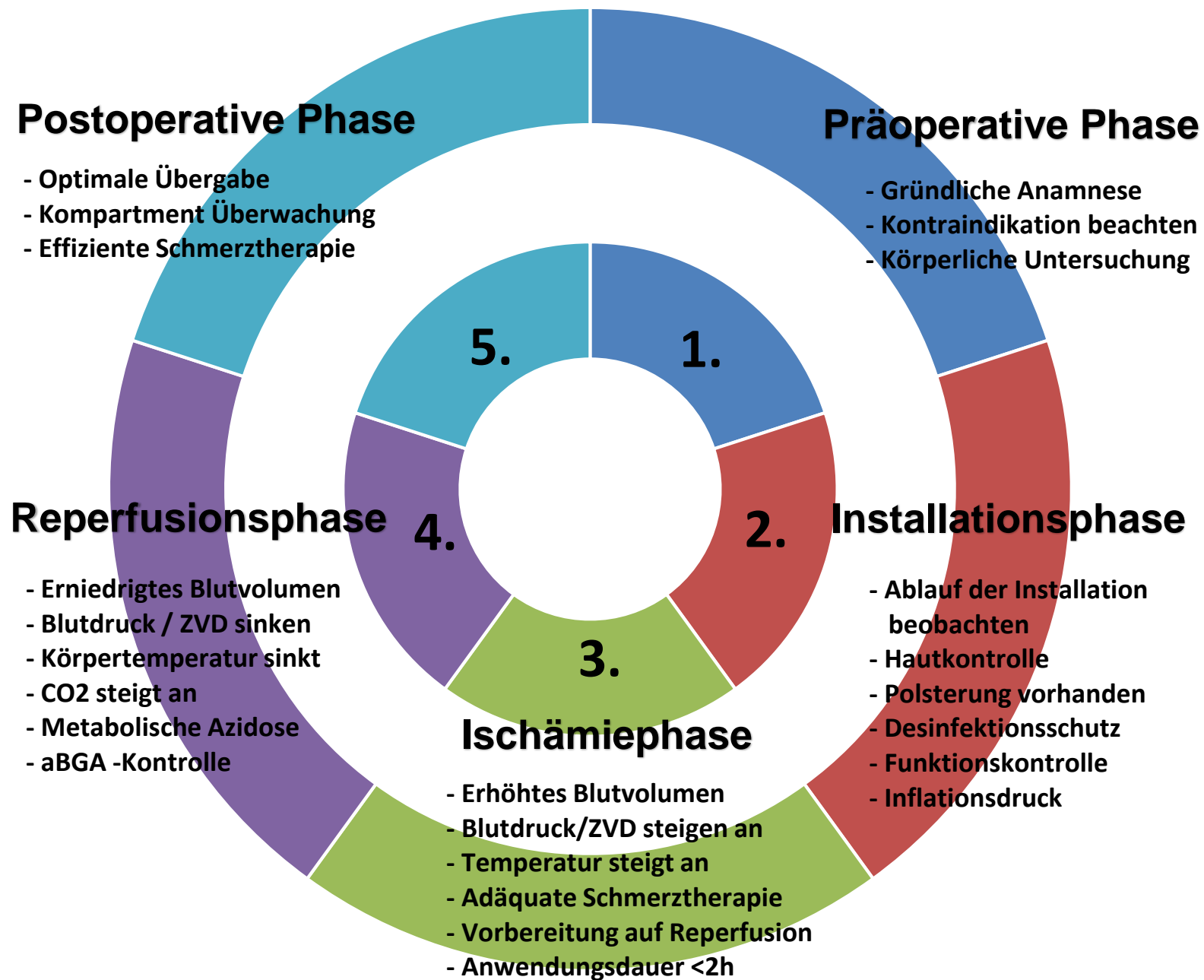


Abbildung 1, Ronny Loebe, Infografik (2020)

4 Literaturverzeichnis

- Ashir Ejaz, A. C. (Oktober 2015). Tourniquet induced ischemia and changes in metabolism during TKA: a randomized study using microdialysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, S. 1-8.
- David Liu, F. D. (Dezember 2014). Effects of Tourniquet Use on Quadriceps Function and Pain in Total Knee Arthroplasty. *Knee Surgery & Related Research*, S. 207-213.
- Doris Schmidt, M. Z. (2005). *Chirurgie-Basislehrbuch Gesundheit und Krankheit*. München-Jena: Urban & Fischer.
- Esch, J. S. (2007). *Duale Reihe - Anästhesie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- F. Simon¹ · A. Busch², 3. · (2016). Pathophysiologie der akuten Extremitätenischämie. *Gefäßchirurgie*, 91-95.
- J.-P. ESTEBE, A. L. (1996). Use of a pneumatic tourniquet induces changes in central temperature. *British Journal of Anaesthesia*, S. 786-788.
- Kadoi Y1, I. M. (Dezember 1999). Hyperventilation after tourniquet deflation prevents an increase in cerebral blood flow velocity. *CANADIAN JOURNAL OF ANESTHESIA*, S. 259-264.
- Klenerman, L. (2003). *The Tourniquet Manual – Principles and Practice*. London: Springer.
- L, V. d. (2012). Complications of the arterial tourniquet. *South Afr J Anaesth Analg* , S. 14-18.
- M, S. B. (2017). *SRB's Surgical Operations: Text & Atlas*. London: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Mühlbacher J, K. M. (2013). Das Kompartmentsyndrom des Unterschenkels – Diagnostik und Therapie. *Zeitschrift für Gefäßmedizin*, 7-14.
- Margo MacCaffery, A. B. (1997). *Schmerz: ein Handbuch für die Pflegepraxis*. Berlin/Wiesbaden: Ullstein Mosby.
- Margret Liehn, J. K. (2018). *OTA-Lehrbuch: Ausbildung zur Operationstechnischen Assistenz*. Berlin: Springer-Verlag.
- McEwen, J. A. (2019). *tourniquets.org Logo*. Von <https://tourniquets.org> abgerufen
- Michael Robindra Sarkar, L. K. (1999). Blutleere und Blutsperre. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 243-251.
- Promil Kukreja, E. L. (Dezember 2018). *Postoperative Tourniquet Pain in Patients Undergoing Foot and Ankle Surgery*. Von Cureus. abgerufen
- Sanders, R. (April 1973). The Tourniquet. Instrument or Weapon? *Hand, Band 5 , Ausgabe 2*, S. 119-123.
- Siewert, J. R. (2013). *Chirurgie*. Springer.
- Werner Böcker, H. D. (2019). *Lehrbuch Pathologie*. Elsevier Health Sciences.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Infografik Ronny Loebe 2020.....	14
--	----