

# Die Beach-Chair-Lagerung

## **Hypotonie – was tun?**

**Philippa Laura Grombach**

**NDS HF Anästhesiepflege**

**Kurs H16**

**Universitätsspital Zürich, Viszeral- und Thoraxchirurgie F OP**

**Datum: 31.01.2018**

## **Zusammenfassung**

Die Beach-Chair-Lagerung dient vor allem der Patientensicherheit bezüglich chirurgischer Komplikationen wie z.B. dem erhöhten intraoperativen Blutverlust. Jedoch ergeben sich aus diesem Anspruch von Seiten der Anästhesiologie teils komplexe Herausforderungen. Nicht nur ältere oder chronisch kranke PatientInnen sind einem höheren Risiko für Hypotonie und zerebrale Minderperfusion ausgesetzt, sondern auch junge Gesunde. Dies gilt vor allem, wenn die Narkose nicht unter gewissen Rahmenbedingungen und Besonderheiten geführt wird. Es bestehen mehrere unterschiedliche Möglichkeiten, dieses Risiko zu minimieren.

Zum einen die Entscheidung zwischen Allgemeinanästhesie und regionalen Verfahren. Die intraoperative Hypotonie, als Risiko der Allgemeinanästhesie, kann in der sitzenden Position verstärkt werden. Zum anderen müssen konkrete Mindestanforderungen an die Art und Methodik invasiver oder nicht-invasiver Blutdruckmessungen gestellt werden. Zu Nutze macht man sich hierbei beispielsweise die Wasserfall- oder alternativ die Siphon-Hypothese. Dadurch werden intraoperative Komplikationen der Hypotonie verhindert, die durch Falschmessungen entstehen könnten.

Desweiteren ist besonderes Augenmerk auf präoperative Abklärungen zu legen. Das gilt insbesondere für die präzise Anamnese antihypertensiver Medikation und die präoperative Erhebung des Volumenstatus.

Während der Operation selbst gelten neben konkreten Grundsätzen in der Lagerung natürlich auch die Korrektur pathophysiologischer Mechanismen des venösen Poolings oder, falls notwendig, der korrekte Einsatz von Katecholaminen.

Aus diesen Gründen ist die Kenntnis der spezifischen Probleme und deren Ursachen bei der Beach-Chair-Lagerung von grosser medizinischer Relevanz.

**Inhaltsverzeichnis**

1 Einleitung .....1  
 1.1 Motivation..... 1  
 1.2 Fragestellung ..... 1  
 1.3 Zielsetzung ..... 1  
 1.4 Abgrenzung..... 1  
 1.5 Vorgehen ..... 2  
 1.6 Strukturierung ..... 2  
 2 Grundlagen .....2  
 2.1 Relevanz..... 2  
 2.2 Die Beach-Chair-Position ..... 3  
 2.2.1 Lagerungsschäden und Präventionen .....4  
 2.2.1.1 Augen .....4  
 2.2.1.2 Os sacrum/Fersen .....4  
 2.2.1.3 Neurologische Strukturen .....4  
 3 Physiologie .....5  
 3.1 Hämodynamik ..... 5  
 3.1.1 Blutvolumen und Herzzeitvolumen .....5  
 3.1.2 Der Blutdruck .....5  
 3.1.3 Strömungswiderstand/Viskosität .....6  
 3.1.4 Gefässaufbau .....6  
 3.1.5 Kurz gesagt... .....7  
 «Druck ist nicht gleich Fluss!» .....7  
 3.2 Neurophysiologie ..... 7  
 3.2.1 Blutversorgungsprinzip des menschlichen Gehirns .....7  
 3.2.2 Zerebrale Perfusion .....8  
 3.2.2.1 Perfusionsdruck (PP) .....8  
 3.2.2.2 CPP / CBF / ICP .....8  
 3.2.2.3 Autoregulation .....9  
 4 Hauptteil .....9  
 4.1 Intraoperative Hypotonie ..... 9  
 4.1.1 Einflussfaktoren ..... 10  
 4.1.1.1 Der Patient als Risikofaktor ..... 10  
 4.1.1.2 Die Narkotika ..... 11  
 4.1.1.3 Die Lagerung ..... 11  
 4.2 Was können wir tun? .....12  
 5 Persönliches Fazit ..... 14  
 5.1 Fragestellung ..... 15  
 5.2 Wie hat diese Diplomarbeit meinen Blickwinkel verändert? ..... 15  
 6 Praxistransfer ..... 16  
 6.1 Der Fact-Sheet ..... 16  
 Literaturverzeichnis ..... 17  
 Abbildungsverzeichnis ..... 18  
 Danksagung ..... 19

Selbständigkeitserklärung

Veröffentlichung und Verfügungsrecht

## **1 Einleitung**

### **1.1 Motivation**

Während eines Praktikums im Rahmen meines Nachdiplomstudiums für Anästhesiepflege konnte ich sechs Monate einen Einblick in die Anästhesie der Orthopädie gewinnen. Ich war grösstenteils in der Schulterchirurgie eingesetzt und wurde bald mit den Herausforderungen der Anästhesie der sitzenden Position konfrontiert. Frühzeitig wurde mein Interesse für die Komplexität der Narkoseführung und die ausgeprägten hämodynamischen Veränderungen geweckt. Hinzu kommt die Gradwanderung zwischen den Wünschen des Operateurs und der Gewährleistung der Patientensicherheit. Oftmals habe ich erlebt, dass der Chirurg über schlechte Sicht im Operationsfeld klagte. Hierfür machte er nicht selten den vermeintlich zu hohen Blutdruck verantwortlich. In vielen Fällen war der Blutdruck jedoch schon sehr nah an der untersten tolerierbaren Grenze, so dass es mehrfach Auseinandersetzungen zwischen dem Anästhesisten und dem Operateur gab. Unter anderem um in solchen Fällen eine gute Argumentation für die Patientensicherheit und gegen das weitere Senken des Blutdrucks vorbringen zu können, habe ich mich dazu entschieden, meine Diplomarbeit dem Thema der Hypotension in der Beach-Chair-Lagerung zu widmen. Den Schwerpunkt möchte ich auf die Ursachen, Risiken sowie Prävention und Behandlung der Hypotension legen.

### **1.2 Fragestellung**

In dieser Diplomarbeit möchte ich mich unter Anderem zwei Hauptfragen widmen:

- 1. Was führt (in Narkose) zu einer Hypotension in der sitzenden Position?**
- 2. Welche Massnahmen können wir von der Seite der Anästhesie/Anästhesiepflege ergreifen, um diese Hypotension zu vermindern bzw. ihr entgegenzuwirken?**

### **1.3 Zielsetzung**

Das Ziel meiner Diplomarbeit ist es, die oben gestellten Fragen durch meine Literaturrecherche so genau wie möglich zu beantworten und aus den neu gewonnenen Erkenntnissen einen persönlichen «Fact-Sheet» zu entwickeln, der mich im Alltag unterstützen soll. Zudem möchte ich mein Wissen vertiefen, um meine Patienten noch besser und umfangreicher betreuen zu können.

### **1.4 Abgrenzung**

Untersucht werden Patienten der ASA-Klassen I und II, die sich einer orthopädischen Operation an der Schulter in sitzender Position unterziehen. Die Narkoseart wird sich auf intubierte Patienten in TIVA oder balancierter Anästhesie beschränken. Beispiele von Risiko- und Hochrisikopatienten werden nur selten zu Erklärungszwecken herangezogen. Im Teil der Physiologie werde ich einen Überblick über die Hämodynamik geben, bewusst jedoch nicht auf Einzelheiten eingehen. Auch zum Thema der Autoregulation und Perfusion werde ich meinen Fokus auf die zerebrale Durchblutung legen. Das Thema der möglichen Lagerungsschäden behandle ich im Rahmen der häufigsten Probleme und Gefahren durch die Lagerung in der Beach-Chair-Position. Ich werde jedoch auch hier bewusst nicht im Detail auf die gefährdeten Strukturen und Mechanismen eingehen. Da die komplette Ausführung aller Probleme, die im Zusammenhang mit der Beach-Chair-Lagerung zu erwähnen sind, den Rahmen dieser Diplomarbeit sprengen würden, möchte ich mich exemplarisch auf ein zentrales anästhesiologisches Problem beschränken. Ich werde jedoch zusätzlich zu der intraoperativen Hypotonie auch auf ein Problem eingehen, das unmittelbar mit der Hypotension in Beach-Chair-Lagerung zu tun hat, nämlich die zerebrale Minderperfusion und die Auswirkungen auf die zerebrale Autoregulation. Desweiteren werde ich auf die Gefahren und mögliche Probleme der Lagerung eingehen,

da auch diese direkt mit der Hypotension und einer verminderten Hirndurchblutung zusammenhängen können.

Auf die in der Therapie verwendeten Vasopressoren werde ich ebenfalls nicht weiter eingehen. Zudem werde ich das Thema Nahinfrarotspektroskopie nur anreissen, da eine zusätzliche und ausführliche Bearbeitung dieser Themen den Rahmen dieser Diplomarbeit ebenfalls sprengen würde.

### **1.5 Vorgehen**

Bezüglich meines Vorgehens beziehe ich meine Informationen aus der Literaturrecherche. Zum Ende dieser Arbeit möchte ich einen Fact sheet für mich erstellen, der die gängigsten Besonderheiten und Gefahren sowie mögliche Folgeschäden einer Narkose für eine Operation in der sitzenden Position übersichtlich abbildet. Dieser soll es mir leichter machen, schnell einen ganzheitlichen Überblick über eine sinnvolle Narkoseführung und die wichtigsten Präventionsmassnahmen zu gewinnen.

### **1.6 Strukturierung**

Die Arbeit gliedert sich in sechs Teile auf. Die Einleitung führt als erster Teil (1) an das gewählte Thema heran und verdeutlicht, warum ich dieses für meine Diplomarbeit gewählt habe. Der zweite Teil (2) fungiert als Grundlagenteil; hier stelle ich die Beach-Chair-Lagerung in ihrem geschichtlichen Kontext sowie im Hinblick auf ihre Relevanz für die Anästhesie vor. Im dritten Teil (3) gehe ich auf das nötige Fachwissen aus Physiologie und Pathophysiologie ein. Im vierten Teil (4) beziehe ich mich auf meine Fragestellung und ziehe im Teil fünf (5) ein Fazit und zeige auf, was ich für mich persönlich aus dem Erarbeiteten und neu Erworbenem mit in meine Praxistätigkeit nehmen kann. Der Praxistransfer dieser Diplomarbeit wird in einem für mich bestimmten „Fact Sheet-Format“ (6) die dargestellten Erkenntnisse abschliessend kompakt abbilden.

## **2 Grundlagen**

Ich möchte zunächst einen kurzen Einblick geben, warum die Beach-Chair-Position eine so hilfreiche Lagerungsform bei Schulteroperationen darstellt und warum wir uns - trotz vieler Vorteile - auch näher mit den Gefahren der sitzenden Position auseinandersetzen müssen. Anschliessend gehe ich auf die Basics der Physiologie und Hämodynamik ein. Weiterhin behandle ich weiterführend die pathophysiologischen Auswirkungen der Beach-Chair-Lagerung auf den Kreislauf bzw. den arteriellen Blutdruck und schwerpunktmässig auf die zerebrale Autoregulation.

### **2.1 Relevanz**

Schon seit den Achzigerjahren hat sich die sitzende Position, besser auch als Beach-Chair-Position (im Folgenden BCP abgekürzt) bekannt, als präferierte Lagerungsform bei operativen Eingriffen an der Schulter durchgesetzt. Nachdem gerade bei Schulteroperationen in der Seitenlage (Lateral Decubitus Position, LDP) postoperativ häufig Schäden des Plexus brachialis aufgetreten sind, rückte die BCP mit weiteren Vorteilen gegenüber der Seitenlage in den Fokus der Chirurgen. Sie ermöglicht dem Operateur einen besseren Zugang zum Operationsfeld und optimalere Operationsbedingungen. Das Risiko für neurovaskuläre Traumen wird deutlich minimiert. Der Chirurgie wird es durch die Lagerungstechnik ermöglicht, schnell von einem arthroskopischen auf ein offenes Verfahren zu wechseln. Ferner lässt sich so die Schultergelenkhöhle besser darstellen. Ein weiterer bedeutender Vorteil der BCP ist der im Verlauf erklärte reduzierte Blutverlust. Was für den Chirurgen eine Erleichterung bringt, birgt für die Anästhesie und den Patienten jedoch zusätzliche Herausforderungen und Gefahren. (G. Murphy, J. Szokol, 2011) Während die Beach-Chair-Lagerung immer populärer wurde, wurden auch erste Zwischenfälle und schwerwiegende post- und intraoperative Komplikationen bekannt. Batti und Ennekin (2003) sowie Pohlen und Cullen (2005) publizierten einzelne Fälle, in denen

Patienten postoperativ nach der Beach-Chair-Position kognitive Defizite bis hin zu gravierenden zerebralen Schäden aufwiesen. In einem Fallbeispiel konnte nur noch der Hirntod des Patienten festgestellt werden. (D. Cullen, R. Kirby, 2007)  
Trotz der relativen Seltenheit dieser Zwischenfälle haben doch die teils gravierenden Komplikationen bei präoperativ gesunden Patienten die Frage aufkommen lassen, ob eine direkte Verbindung mit der Operationslagerung besteht.

Um einen ersten Überblick über das tatsächliche Ausmass dieser Komplikationen zu bekommen, startete die American Shoulder and Elbow Surgeons Society (Amerikanische Gesellschaft der Schulter- und Ellenbogenchirurgen) 2009 unter ihren Mitgliedern eine Umfrage bezüglich ihrer Erfahrungen mit zerebral-vaskulären Events unter Operationen der Schulter in der BCP. Ergebnis dieser Umfrage war, dass ca. 7% der Mitglieder von Zwischenfällen der beschriebenen Art berichteten.

Gemäss G. Murphy et al. aus dem Jahr 2011 vermutet man jedoch, dass die Anzahl der präoperativ gesunden Patienten, die postoperativ nach Schulteroperationen kognitive Defizite aufwiesen, deutlich höher ist als publiziert, weil Chirurgen und Anästhesisten möglicherweise entsprechende negative Fallbeispiele zurückhalten könnten.

Um die Inzidenz solcher Zwischenfälle landesweit und über einen längeren Zeitraum besser detektieren zu können, richtete die Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF) 2010 ein freiwilliges nationales Register für «Neurologic Injury after Non-Supine Shoulder Surgery» (NINS) in den USA ein.

Ein direkter Zusammenhang zwischen zerebralen Schäden und der Beach-Chair-Position konnte auch trotz dieser Massnahmen jedoch bis heute nicht eindeutig hergestellt werden. Die beschriebenen dokumentierten Fälle sind demnach nicht auf einem oder einigen wenigen statistisch eindeutig belegbaren Zusammenhängen beruhend. (G. Murphy et al. 2011)

Das gewählte Thema hat insgesamt nicht nur aus anästhesiologischer Sicht und aus Morbiditätsgründen grosse Relevanz, sondern vor allem auch im Hinblick auf praktisch anwendbare pathophysiologische Zusammenhänge, so dass diese ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein sollen.

## 2.2 Die Beach-Chair-Position

Bei dieser Lagerung wird der Patient schrittweise aus der liegenden, beziehungsweise halb-liegenden Position in eine 45-60°-Oberkörperhochlagerung aufgesetzt (bezüglich des Grades der Oberkörperhochlagerung finden sich in der Literatur abweichende Angaben bis zu 90° Hochlagerung). Zuerst wird die Rückenplatte angehoben, wonach der komplette Operationstisch in eine Kopftiefstellung gebracht wird. Aus dem Wechsel dieser beiden Manöver ergibt sich eine Pendelbewegung, welche so lange wiederholt wird, bis der Patient in einer aufrechten Postition sitzt. Der Oberkörper des Patienten sollte nach der Positionierung nochmals angehoben werden, um durch die Bewegung entstandene Scherkräfte zwischen der Haut am Rücken und der Unterlage zu entlasten.

Der Kopf wird in Neutralposition in einer Kopfschale platziert und mit einem Band über einem Polster auf der Stirn fixiert. Zusätzlich kann der Kopf noch mit elastischen Binden gesichert werden. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass diese nicht zu stark gespannt sind, um Hautschäden und ggf. das Abschnüren von Gefässen, z.B. der Karotiden am Hals zu verhindern.

Der zu operierende Arm wird in einer flexiblen Halterung durch das Operationsteam fixiert. Der nicht zu operierende Arm wird in «leichter Abduktion, Flexion und Pronation» (Patientenlagerung im OP, 2017, S.97) auf einer Armstütze plaziert.

Der Rumpf liegt direkt an der Rückenplatte und wird gerade auf dieser platziert. Das Gewicht des Patienten wird zusätzlich zur Rückenplatte auf Becken, Gesäss und den

Oberschenkeln verteilt. Zur weiteren Stabilisierung kann noch ein Bauchgurt angebracht werden.

Die Beine werden mit Halbrollen in den Kniekehlen und unter den Unterschenkeln gepolstert und mit einem weiteren Gurt fixiert.

Insgesamt sollte auf faltenfreie Unterlagen geachtet werden, um die Gefahr für Lagerungsschäden so gering wie möglich zu halten. (T. Schmidt-Bräkling, U. Pohl, G. Gosheger, H. Karel von Aken, 2017)

## **2.2.1 Lagerungsschäden und Präventionen**

Die Beach-Chair-Lagerung stellt nicht nur die Anästhesie vor zusätzliche Herausforderungen, auch die Lagerungspflege ist mit einer komplexen Lagerung konfrontiert. In diesem Teil möchte ich kurz auf die am meisten gefährdeten Strukturen eingehen. Sorgfältige Kontrolle der Augen, des Os sacrum sowie der Fersen ist von grosser Wichtigkeit. (T. Schmidt-Brähling et al., 2017)

### **2.2.1.1 Augen**

Kommt es zu Druck auf den Bulbus, kann es zu direkten Schäden am Nervus opticus sowie am Auge selber kommen, welche im schlimmsten Fall mit einer Erblindung einhergehen. Auch das Auslösen des okulokardialen Reflexes ist durch zu hohen Druck möglich. Ist das Lid auf der zu operierenden Schulterseite nicht ganz geschlossen, ist eine Austrocknung der Konjunktiva möglich. Diese ist teils schwer zu diagnostizieren, da der entsprechende Kopfteil meist mit sterilen Abdecktüchern abgeklebt und somit schwer zugänglich ist. Deshalb ist es wichtig, die Augen des Patienten nach der Einleitung zu schliessen und zum Erhalt des schützenden Milieus mit Klebern abzudichten. (T. Schmidt-Brähling et al., 2017)

### **2.2.1.2 Os sacrum/Fersen**

Durch das Aufsetzen ändern sich die Druckverhältnisse beim Patienten. Entsprechend des aktuellen Schwerpunkts kommt es zu einer Verschiebung der Auflagepunkte des Patienten. Daher ist es entscheidend, dass der Patient mit dem Gesäss dicht an der Rückenlehne sitzt, um die Gewichtsverteilung besser zu gewährleisten und den Os sacrum-Bereich zu entlasten.

Die freie Lagerung der Fersen ist ebenfalls besonders wichtig, da die Fersen in der sitzenden Position auf dem Operationstisch aufliegen und relativ hoher Druck auf eine kleine Auflagefläche verteilt werden muss. Mit steigendem Druck nimmt die Perfusion der betroffenen Hautareale ab und das Risiko der Entstehung von Druckstellen nimmt mit zunehmender Operationsdauer stark zu. Auch die Beine und Füsse sind in der Regel mit Abdecktüchern verdeckt, so dass ein regelmässiges Umlagern zur Reperfusion der aufliegenden Hautareale erschwert ist. (T. Schmidt-Brähling et al., 2017)

### **2.2.1.3 Neurologische Strukturen**

Zusätzlich zu möglichen Hautschäden können nervale Strukturen geschädigt werden. Zu diesen zählen vor allem der Plexus brachialis sowie der Nervus (N.) radialis, N. ulnaris, N. ischiadicus und N. fibularis.

Durch Verschiebungen der Lagerung z.B. durch das Ziehen an dem zu operierenden Arm kann es zur Dehnung des Plexus brachialis und zum Horner-Syndrom (nach M. Sawires & K. Berek, 2012) durch eine Nervenschädigung verursachtes Symptom-Trias aus: Miosis, Ptosis und Enophthalmus) auf der gegenüberliegenden Seite kommen. Besonders begünstigt wird dies durch die separate Fixation des Kopfes in der Kopfschale. Auch HWS-Verletzungen und das Abschnüren von Gefässen am Hals ist durch die separate Fixation des Kopfes und die starke Manipulation im Operationsgebiet möglich.

Der N. radialis und der N. ulnaris sind hauptsächlich an dem nicht zu operierenden, auf einer Armlehne gelagerten Arm gefährdet. Regelmässiges Entlasten und leichtes Umlagern des Armes sollte stets bedacht werden, um die Gefahr von Nervenschäden zu verringern.

Durch «starke Flexion im Hüftgelenk und eine Extension im Kniegelenk» (T. Schmidt-Brähling et al., 2017, S.95) kann es zur Überdehnung des Nervus ischiadicus kommen. Aufgrund dessen sollte darauf geachtet werden, dass der Patient nicht zu sehr in eine eingeknickte Position gebracht wird. Stattdessen kann der gesamte OP-Tisch aufgestellt werden, sollte eine vermehrte Oberkörperhochlagerung erforderlich sein. Regelmässige Lagekontrollen sowie die Absprache mit dem Operateur und der Lagerungspflege zur Optimierung und Repositionierung der Lagerung sind in jedem Falle unabdingbar. (T. Schmidt-Brähling et al., 2017)

### 3 Physiologie

Um der Entstehung der Hypotension in der BCP auf den Grund zu gehen, werde ich hier auf die physiologischen Grundlagen der Hämodynamik, der Neurophysiologie sowie der zerebralen Autoregulation eingehen.

#### 3.1 Hämodynamik

Die Hämodynamik ist die «*Lehre von den physikalischen Grundlagen des Blutkreislaufs und dem Zusammenwirken der Faktoren, die auf den intravasalen Blutfluss einwirken (Blutdruck, -volumen, -viskosität, Strömungswiderstand, Gefässarchitektur und -elastizität)*» (Pschyrembel, 2007, S. 744)

##### 3.1.1 Blutvolumen und Herzzeitvolumen

Damit überhaupt ein Blutfluss entsteht, ist das Blut als wichtigster Bestandteil der Hämodynamik unabdingbar. Das Blutvolumen ist individuell bei allen Menschen unterschiedlich, wobei Geschlecht, Alter und das Körpergewicht ausschlaggebende Faktoren sind. Grundsätzlich kann man sagen, dass das Blutvolumen eines Menschen zwischen vier und sechs Liter variiert und mithilfe folgender Formel:  $75\text{ml/kg KG}$  ausgerechnet werden kann. (J. Behrends, 2010)

Das Herzzeitvolumen wird meist pro-1-Minute angegeben und wird deshalb oft auch als Herzminutenvolumen bezeichnet. Es beschreibt die ausgeworfene Gesamtblutmenge pro Minute in Abhängigkeit von Schlagvolumen und Frequenz, woraus sich folgende Formel ergibt:

$$\text{HZV} = \text{Schlagvolumen} \times \text{Herzfrequenz}$$

(N. Menche, 2007)

Da das Schlagvolumen (SV) eines jeden Menschen variabel ist, lässt sich diese Formel nur theoretisch anwenden, auch wenn die Herzfrequenz einfach und nicht-invasiv messbar ist, z.B. mit Hilfe der Pulsoxymetrie. Die genaue Bestimmung und Errechnung des SV bedingt immer eine invasive Untersuchung mit enger Indikationsstellung und Nutzenabwägung. Aufgrund dessen ist auch das Herzzeitvolumen (HZV) nur grob abschätzbar. Die genaue Messung des HZV ist mit Hilfe der Thermodilution mittels mehrerer invasiver Katheter möglich und kann dann nach dem Stewart-Hamilton-Algorithmus ausgerechnet werden. (Nach P. Frank, C. Ilies, R. Schmidt, B. Bein, 2017)

##### 3.1.2 Der Blutdruck

Der Blutdruck beschreibt einen, in bestimmten Abschnitten des Gefässsystems herrschenden Druck. Im klinischen Alltag wird der Begriff jedoch meist benutzt, um den arteriellen Druck in grösseren Gefässen zu beschreiben. Der systolische Blutdruck herrscht, während das Herz kontrahiert und Blut in die Aorta auswirft. Der diastolische Blutdruck bildet die Erschlaffung des Herzens und damit einen Druckabfall in der Aorta ab. (N. Menche, 2007)

Um eine ausreichende Organperfusion zu gewährleisten, wird der mittlere arterielle Druck (MAP) oftmals als wichtiger Parameter genannt. Im Gegensatz zum systolischen arteriellen

Druck (SAP) ist er weniger durch die arterielle Gefässelastizität und das Schlagvolumen beeinflussbar.

Er kann z.B. wie folgend errechnet werden:

$$\text{MAP} = (1 \times \text{BD}_{\text{systolisch}} + 2 \times \text{BD}_{\text{diastolisch}}) / 3$$

(Prof. Ganter, 2017, S.11)

### 3.1.3 Strömungswiderstand/Viskosität

Das fließende Blut erzeugt durch die innere Reibung der verschiedenen Flüssigkeitsschichten und die Reibung der äussersten Schicht an der Gefässwand einen Strömungswiderstand. Dieser wiederum muss überwunden werden, damit das Blut durch die Gefässe fließen kann. Zur Überwindung dieses Widerstandes wird im menschlichen Gefässsystem eine Druckdifferenz zwischen Beginn und Ende des zu durchfliessenden Gefässes geschaffen.

Der Strömungswiderstand (R) lässt sich entsprechend des Ohm'schen Gesetzes wie folgt berechnen:

$$R = \Delta P / I$$

Gleiches gilt für die Berechnung der Stromstärke = I:

$$I = \Delta P / R$$

(R. Schmidt, F. Lange, G. Thews. 2005, S. 605)

Das Blut wird als heterogene Flüssigkeit bezeichnet, die Viskosität hängt also stark von der prozentualen Verteilung der flüssigen und festen Bestandteile sowie in geringem Masse der Eiweisszusammensetzung im Blut ab. Ein weiterer Faktor für die Variabilität der Viskosität stellt die Verformbarkeit der Erythrozyten dar, die sogenannte Fluidität.

(R. Schmidt et al., 2005)

Geht viel Wasser verloren (z.B. bei einer Dehydratation), nehmen die festen Blutbestandteile prozentual zu, die Viskosität erhöht sich und damit auch der Strömungswiderstand; das Blut fließt langsamer.

Bei einem Blutverlust (z.B. intraoperativ) nehmen die festen Blutbestandteile ab und kompensatorisch wird mehr Flüssigkeit aus dem intrazellulären und interstitiellen Raum nach intravasal verschoben. Die Viskosität nimmt ab, das Blut wird diluiert und der Strömungswiderstand nimmt ebenfalls ab. (N. Menche, 2007) Dieser Zusammenhang zwischen der Viskosität und dem Strömungswiderstand in einem Gefäss wird durch das Hagen-Poiseulle-Gesetz beschrieben, jedoch ist zu beachten, dass sich dieses Gesetz sich ursprünglich auf «*homogene Flüssigkeiten in einem starren Rohr*» (R. Schmidt et al., S. 607f.) bezieht und damit nur bedingt für den Vergleich des Blutes im Gefässsystem herangezogen werden kann.

$$I = (r_i^4 \times \pi \times \Delta P) / (8 \times \eta \times l)$$

In dieser Gleichung stehen die Elemente für folgende Grössen:  $\Delta P$  = Druckdifferenz;  $\eta$  = Viskosität;  $r_i$  = Innenradius und  $l$  für die Länge des Gefässes.

(R. Schmidt et al., 2005, S. 606)

### 3.1.4 Gefässaufbau

Auch die Beschaffenheit und die unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Gefässe im menschlichen Körper tragen dazu bei, dass ein kontinuierlicher Blutfluss entsteht und die Organe am Stoffaustausch teilnehmen können.

Die Aufteilung in Hoch- und Niederdrucksystem ermöglicht einerseits einen ausreichenden Druckaufbau- und erhält im Gefässsystem, um das Blut in alle entlegenden Bereiche des Körpers zu leiten. Andererseits ermöglicht die Speicherfunktion des Niederdrucksystems bei Bedarf grosse Mengen Blut aus den Kapazitätsgefässen in minderperfundierte Bereiche umzuleiten. Vasodilatation und Vasokonstriktion ist vor Allem eine Eigenschaft der arteriellen Gefässe, bedingt haben aber auch Venen diese Fähigkeit, die ebenfalls zur Blutdruckregulation beiträgt und diesen durch Erhöhung und Verminderung des peripheren Gesamtwiderstandes mit beeinflusst. (R. Schmidt et al., 2005)

### 3.1.5 Kurz gesagt...

Zusammenfassend bedingen alle diese Parameter die Hämodynamik des Menschen. Der arterielle Blutdruck wird bestimmt durch den systemischen Gefässwiderstand und das HZV. Das HZV wiederum wird durch die Herzfrequenz und das Schlagvolumen beeinflusst, wobei Letzteres wiederum von der Kontraktilität sowie der Vor- und Nachlast des Herzens abhängt. Am wichtigsten zu verstehen ist jedoch, dass alle Komponenten im Normbereich liegen müssen, um einen stabilen Kreislauf zu erzeugen. Gerät nur ein Parameter aus dem Gleichgewicht, kann daraus eine hämodynamische Instabilität entstehen. So ist ein ausreichend hoher MAP bei einem schlechten HZV kein Garant für eine ausreichende Organperfusion. Ebenso kann bei einem gleichbleibenden MAP *«gleichzeitig ein niedriges HZV bei hohem Widerstand, oder ein hohes HZV bei geringem Widerstand entstehen»* (P. Frank et al., 2017, S.30) und somit den Anschein einer suffizienten Organperfusion vermitteln.

«Druck ist nicht gleich Fluss!»

(P. Frank et al., 2017, S.30)

## 3.2 Neurophysiologie

In diesem Teil möchte ich auf die Physiologie der zerebralen Perfusion eingehen, um später leichter Bezug auf meine Fragestellung nehmen zu können.

### 3.2.1 Blutversorgungsprinzip des menschlichen Gehirns

Das Gehirn hat ein konstantes Blutvolumen von ca. 100-150ml, durch den hohen Sauerstoff- und Glucosebedarf muss der zerebrale Blutfluss (CBF) jedoch bei 700-900ml/min gehalten werden, was einem 15%-igen Anteil des gesamten HZV entspricht. Das menschliche Gehirn wird durch vier grosse Arterien mit Blut versorgt:

- Rechte und linke Arteria carotis interna
- Rechte und linke Arteria vertebralis

Die Aa. carotides internae entspringen der A. carotis communis und ziehen sich bis zur Schädelbasis. Die A. vertebralis zweigt sich aus der A. subclavia ab und läuft entlang der Halswirbelsäule durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle. Danach vereinigt sie sich mit der A. vertebralis der anderen Seite zur A. basilaris. Diese wiederum zweigt sich in die zwei Aa. cerebri posteriores auf. Von diesen beiden Arterien läuft nun je eine A. communicans posterior zu den Aa. carotides internae. Die A. communicans anterior verbindet nun noch die zwei Aa. Cerebri anteriores.

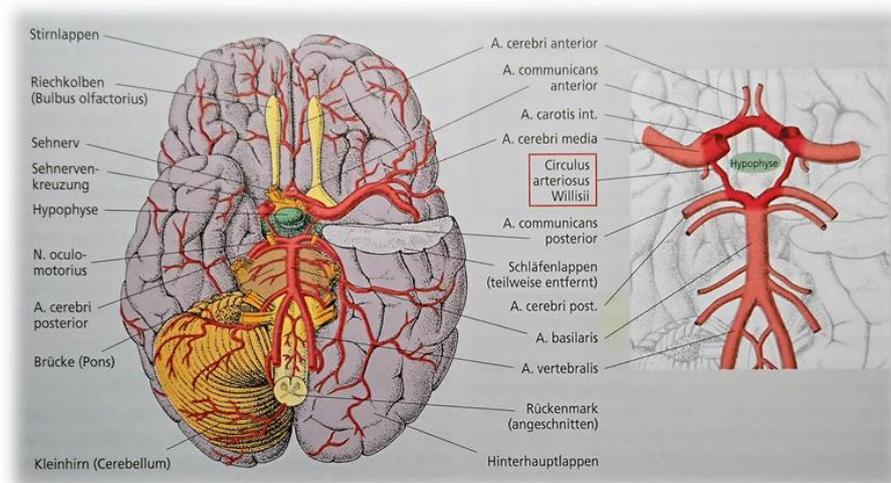


Abb. 1, Menche, N. (2007)

Nun sind alle vier grossen versorgenden Arterien durch einen Gefässring verbunden, den sogenannten *Circulus arteriosus cerebri Willisii*. Dieser soll im Falle eines Verschlusses eines der vier Gefässe oder ihrer Verbindungen dafür sorgen, dass die anderen drei Arterien das Versorgungsgebiet der geschädigten Arterie über den kollateralen Kreislauf weiter mit O<sub>2</sub> und Glucose versorgen können. Der venöse Abfluss mündet in die Vv. Jugulares internae und die Vv. vertebrales (M. Trepel, 2007).

### 3.2.2 Zerebrale Perfusion

Im Bezug auf Operationen in der Beach-Chair-Position und die damit verbundenen Hypotonien und mögliche Folgeschäden interessiert mich in dem grossen Feld der Hämodynamik besonders die spezifische Organperfusion und Autoregulation des Hirnes. Doch welcher hämodynamische Parameter bildet diese am Genauesten ab und ist das überhaupt so einfach?

#### 3.2.2.1 Perfusionsdruck (PP)

2013 stellten Wyland und Grüne dar, dass der arterielle Mitteldruck (MAP) gegenüber dem systolischen arteriellen Druck (SAP) zwar konstanter ist, aber alleinig auch nicht zur Beurteilung der Organperfusion ausreicht. Gerade auf das Sauerstoffangebot (DO<sub>2</sub>) an das jeweilige Organ kann kein genauer Rückschluss gezogen werden. Hierzu benötigt man nicht nur zusätzlich das HZV, sondern auch den Wert des peripheren Widerstandes (R). Nicht nur bei Hochrisikopatienten mit kardiovaskulären Vorerkrankungen, sondern auch bei jungen gesunden Patienten rücken deshalb dynamische Parameter mehr in den Vordergrund, die eine bessere Auskunft über Volumen und Fluss geben und damit auch das O<sub>2</sub>-Angebot an die Organe besser abbilden. Der arterielle Mitteldruck bleibt trotzdem im klinischen Alltag ein unverzichtbarer Parameter zur Beurteilung des Kreislaufs. Zur Bestimmung des Perfusionsdrucks (PP) kommt hier das Gesetz nach Darcy zur Anwendung. Dieses ist ebenfalls vom Ohm'schen Gesetz abgeleitet:

$$PP = R \times Q$$

Q steht in dieser Gleichung für den Fluss, PP und R wie oben erwähnt für den Perfusionsdruck und den Widerstand. (M. Book, F. Jelschen & A. Weyland, 2017).

#### 3.2.2.2 CPP / CBF / ICP

Der Blutfluss wird vor Allem durch Druck und Gegendruck bestimmt. Im menschlichen Gefässsystem bedeutet dies (analog) durch die Differenz vom arteriellen und

zentralvenösen Druck. In klinischen Studien wurde jedoch gezeigt, dass auch Gefäss- und Gewebedrucke eine massgebliche Rolle im Bezug auf den Blutfluss (cerebral blood flow, CBF) spielen. Und hier kommt im Bezug auf die zerebrale Perfusion und den Blutfluss der intracranielle Druck (ICP) ins Spiel. Und so gilt: Ist der ICP höher als der ZVD, kann dieser in der Formel durch den ICP ersetzt werden, woraus sich folgende Gleichung ergibt:

$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

In dieser Gleichung steht CPP für den «cerebral perfusion pressure» (zerebraler Perfusionsdruck) (M. Book et al., 2017, S. 19)

Demnach muss beachtet werden, dass bei Patienten mit z.B. einem erhöhtem ICP trotz ausreichend hohem MAP die Hirnperfusion aufgrund des erhöhten Gegendrucks aus dem Gewebe vermindert sein kann. Der Normalwert für den ICP liegt zwischen 5-15 mmHg, bei einem normalen MAP von 70 mmHg und einem ICP von 10 mmHg ergibt sich also ein CPP von 55 mmHg. (M. Dambach, 2009)

### 3.2.2.3 Autoregulation

Die zerebrale Autoregulation ermöglicht das Konstanthalten des CBFs innerhalb einer Spanne des arteriellen Mitteldrucks zwischen 50-150 mmHg. Das bedeutet, dass das Gehirn bei Schwankungen des MAP, HZV oder CPP begrenzt in der Lage ist, einen konstanten Blutfluss aufrecht zu erhalten. Unter- oder überschreitet der MAP diese Werte, ist der CBF linear vom CPP abhängig, auch wenn das HZV konstant gehalten wird. Die zerebrale Kompensation ergibt sich aus mehreren bekannten Mechanismen. Durch Zunahme des Lumen eines zerebralen arteriellen Gefässes wird die glatte Muskulatur aktiviert, es folgt eine Vasokonstriktion und damit die Drosselung des CBF. (I. Bramsiepe, 2008; M. Heckmann et al. 2002) Desweiteren bestimmt die Stoffwechselaktivität des Gehirns bzw. einzelner Areale den regionalen Blutfluss in Abhängigkeit vom O<sub>2</sub>- und Nährstoffbedarf. Der PaO<sub>2</sub> hat jedoch keinen direkten Einfluss auf die Hirnperfusion, wogegen das paCO<sub>2</sub> als wichtigste Spielfigur der physiologischen Regulation des CBF benannt wird. (I. Bramsiepe 2008; H. Oertel et al. 2002) Um nur einen weiteren Einflussfaktor zu nennen, muss erwähnt werden, dass ein intakes Gefässendothel ebenfalls wichtig für die Autoregulation ist. Durch eine besondere Sensibilität auf verschiedene Stimuli werden unterschiedliche Substanzen aus dem Endothel freigesetzt und interagieren mit der glatten Muskulatur. Endothelin z.B. ist massgeblich an der Anpassung des CBF an einen erhöhten zerebralen Perfusionsdruck beteiligt.

Um diese untere Autoregulationsgrenze zu bestimmen, werden nach M. Book et al. (2017) unter anderem zwei nicht-invasive Verfahren beschrieben, nämlich die transkranielle Dopplermessung und die Nahinfrarotspektroskopie, mit der kritische regionale Sättigungsabfälle gemessen werden können. Hierzu führt die Arbeit zu einem späteren Teil noch genauer aus.

## 4 Hauptteil

In diesem Teil meiner Arbeit werde ich, vor dem Hintergrund meines neu erarbeiteten Wissens, auf meine zu Beginn gestellten Fragen eingehen. Ich werde versuche bestmöglich zu beantworten, warum eine intraoperative Hypotonie in dieser Lagerung entsteht und was wir als Anästhesie/-pflgerInnen dagegen tun können.

### 4.1 Intraoperative Hypotonie

Bevor diese Fragen beantwortet werden können, muss zuerst die Frage nach der Definition gestellt werden. Ab welchem Blutdruck oder Blutdruckabfall wird von einer intraoperativen Hypotonie gesprochen? Laut M. Book et al. (2017) ist bis heute keine allgemeingültige Definition einer intraoperativen Hypotonie festgelegt worden. Es wurde jedoch beobachtet,

dass sich die am meisten verwendeten Untergrenzen auf einen Wert unterhalb 80 mmHg des systolischen Blutdrucks oder einen systolischen Blutdruckabfall von >20% gegenüber des Ausgangswertes bezogen. Auch Definitionen, die verschiedene Werte kombinieren oder sich an dem Ausgangswert des MAP orientieren kommen vor.

Um auch Patienten mit z.B. einer arteriellen Hypertonie sinnvoll miteinzuschliessen, scheint es logisch, einen präoperativen Ausgangsblutdruck mit in die Überlegungen zur unteren Blutdruckgrenz mit einzubeziehen. Da bekannt ist, dass diese Patienten meist höhere Ausgangswerte haben, scheint mir eine Definition, die einen Blutdruckabfall im Bezug auf einen präoperativen Ausgangswert mit einbezieht am sinnvollsten.

A. Wyland und F. Grüne schrieben diesbezüglich 2013: «Ein unterer MAP-Grenzwert von 60mmHg wird [...] für Patienten ohne spezifische Risikofaktoren meist als ausreichend erachtet. Insbesondere bei erhöhten arteriellen Ausgangswerten im Rahmen einer vorbestehenden Hypertonie ist jedoch bereits eine relative Abnahme des MAP >30% als Grenzwert anzunehmen.» (A. Wyland, F. Grüne, 2013, S. 381)

#### 4.1.1 Einflussfaktoren

Es ergeben sich mehrere Faktoren, die das Ausmass des intraoperativen Blutdruckabfalls beeinflussen; sie können in drei grosse Gruppen aufgeteilt werden: Risikofaktoren des Patienten, die Lagerung für den Eingriff (in diesem Fall die Beach-Chair-Position) sowie die verabreichten Narkosemedikamente. Unter dem dritten Punkt werde ich ebenfalls kurz auf die Auswirkungen der Allgemeinanästhesie gegenüber der Regionalanästhesie eingehen.

##### 4.1.1.1 Der Patient als Risikofaktor

C. Cheung et al. publizierten 2015 eine Arbeit, aus der deutlich wird, dass manche patientenspezifische Probleme die Inzidenz intraoperativer Hypotonien um ein Vielfaches erhöhen.

Als wesentliche Faktoren nennt er:

- Patientenalter >65 Jahre
- erhöhte kardiovaskuläre Komorbiditäten
- zuvor blockiertes RAAS-System (Renin-Angiotensin-Aldosteron-System), beispielsweise durch ACE-Hemmer oder Sartane
- vorbestehende Hypotonie
- Herzfrequenz <60/min
- präoperative Hypovolämie
- grössere chirurgische Engriffe
- aktuell beeinträchtigte Homöostase (z.B. durch Sepsis, Schock)

Die Risikoeinschätzung wird mit Hilfe des HEART-Scores gemessen, der es einfacher machen soll, Risikopatienten frühzeitig und einfacher zu identifizieren sowie die Inzidenz intraoperativer Hypotonien zu verringern. Cheung schlägt vor, den HEART-Score in präoperative Risikoerhebungen und die anästhesiologische Prämedikationsvisite mit einzuschliessen.

- **H**heart-rate < 60 beats/min oder Hypotension (< 100/60 mmHg)
- **E**lderly (age >65 years)
- **A**CE-Hemmer / Angiotensin-Rezeptor-Blocker /  $\beta$ -Blocker
- **R**CRI\* = (Revised cardiac risk index >3 Punkte)
- **T**ype of surgery (grosse Operationen)

(C. Cheung et al. 2015)

\*Der Revised cardiac risk index (RCRI) ist ein klinisch orientierter Index, der zusätzlich zur ASA-Klassifikation das perioperative Risiko für schwere Komplikationen abbilden soll. Inbegriffen sind eine vorbekannte Herzinsuffizienz, koronare Herzerkrankung, zerebralkardiovaskuläre Vorerkrankungen, insulinpflichtiger Diabetes, kompensierte Niereninsuffizienz

und die Art des Eingriffes. Hierfür werden jeweils Punkte verteilt; mit steigender Punktezahl erhöht sich auch das perioperative Risikopotenzial. (S. Cohn, L. Fleisher, 2017)

#### 4.1.1.2 Die Narkotika

Die Patienten, auf die ich in dieser Arbeit den Fokus lege, werden in Allgemeinanästhesie operiert. Eines der meist verwendeten Hypnotika ist das Propofol. Darüber ist bekannt, dass es durch die «Hemmung der sympathischen Reflexantwort» (Frank, 2017, S.32) nach der Narkoseeinleitung Blutdruckabfälle hervorruft. Über Inhalationsanästhetika ist bekannt, dass sie in geringerem Mass ebenfalls den Blutdruck vermindern. Allgemein ist festzustellen, dass unsere gängig verwendeten Anästhetika fast alle einen mehr oder weniger ausgeprägten suppressiven Einfluss auf den Blutdruck haben und somit als zusätzliche Risikofaktoren für eine intraoperative Hypotension gesehen werden müssen. (R. Rossaint, B. Zwissler, C. Werner, 2008)

##### 4.1.1.2.1 Regional- vs. Allgemeinanästhesie

J. Koh, S. Levin, E. Chehab, G. Murphy veröffentlichten 2013 eine prospektive Studie, in der sie je 30 Patienten in Regionalanästhesie und Allgemeinanästhesie auf zerebrale Sättigungsabfälle bei Operationen in der BCP untersuchten. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass bei über der Hälfte der schlafenden Patienten zerebrale Sättigungsabfälle auftraten. In der Gruppe der Patienten in Regionalanästhesie und Sedation wurde bei keinem der dreissig Patienten ein intraoperativer zerebraler Sättigungsabfall festgestellt. Gemäss UptoDate-Recherchen (Januar 2017) ist der genaue Grund für eine stabilere Hämodynamik und zerebrale Perfusion in wachem Zustand bzw. in Regionalanästhesie noch nicht eindeutig geklärt. Ausschlaggebende Faktoren hierfür seien ein aktiverer Sympathikotonus bei wachen Patienten sowie weiterhin ein höherer CO<sub>2</sub>-Partialdruck.

##### 4.1.1.3 Die Lagerung

Die Beach-Chair-Lagerung stellt im Bezug auf die Hämodynamik des Patienten ein besonderes Risiko dar. M. Book et al. beschrieben 2017, andere Autoren schon zuvor, dass sich selbst bei wachen Patienten die Hämodynamik stark verändert. So wurde beobachtet, dass bei dem Wechsel von der liegenden in die sitzende Position der systemische Gefässwiderstand um 30-40% zunahm und der Blutdruck um 10-15% sowie der cardiac output um 15-20% sanken. Hierfür sind vor allem hydrostatische Effekte verantwortlich, welche durch die Gravität hervorgerufene Volumenverschiebungen bewirken. Eine verstärkte Drainage des Blutes aus dem Operationsgebiet und damit ein verringerter zu erwartender Blutverlust sind die positiven Folgen für die Operateure.

Nachteil des Lagewechsels ist jedoch ebendieser Abfluss und das damit verbundene Pooling (Ansammeln) von Volumina bis 1500ml Blut in den venösen Kapazitätsgefässen. Hierbei sinkt der arterielle Blutdruck, was auch eine verminderte zerebrale Perfusion zur Folge haben kann. Das Ausmass der Volumenverschiebung ist jedoch stark von der Lagerungstechnik, patientenspezifischen Faktoren wie dem Body-mass-Index und Ausgangsblutdruck sowie Volumenstatus abhängig. Zudem spielen die verwendeten Narkosemedikamente, patienteneigene Dauermedikamente beispielsweise zur antihypertensiven Therapie und die Beatmungsmodi eine beeinflussende Rolle. (A. Beloiartsev, H. Theilen, 2011)

Im wachen Zustand wird die Sympathikusaktivität jedoch so gesteigert, dass die Veränderungen gut kompensiert werden können. Diesen Vorteil machen sich regionalanästhesiologische Verfahren zu Nutze. Patienten in Allgemeinanästhesie zeigen eine verminderte sympathische Antwort auf hämodynamische Veränderungen bei Lagewechseln und so ist es nicht verwunderlich, dass bei diesen Patienten der Blutdruckabfall deutlich stärker ausfällt.

In einem Fortbildungsartikel von G. Murphy et al. von 2011 wurde aufgezeigt, dass zwei zentrale Fragen bezüglich der Sicherstellung der ausreichenden Organperfusion noch nicht ausreichend geklärt worden sind. Auch M. Book et al. greifen 2017 diese Problematik

wieder auf. Zum einen stehen wir vor dem Problem, dass davon ausgegangen wird, dass die zerebrale Autoregulationsuntergrenze auch bei kardiovaskulär gesunden Patienten in der sitzenden Position deutlich variiert. Zum Zweiten gibt es zwei unterschiedliche Theorien im Bezug auf die Blutdruckunterschiede zwischen dem Messort (meist NiBP am Oberarm der nicht zu operierenden Seite) und, in diesem Fall, dem Hirn.

#### 4.1.1.3.1 Wasserfall vs. Siphon -Hypothese

Die bereits kurz erwähnte Siphon-Hypothese geht davon aus, dass die zerebralen Gefässe von hydrostatischen Effekten unbeeinflusst sind, und zwar dadurch, dass «eine kontinuierliche Blutsäule zwischen arteriellem und venösem Schenkel [...] existiert.» (M. Book at al.; 2017 S.22) und sich somit Schwerkrafteffekte ausgleichen. Es macht also keinen Unterschied, dass das Messniveau unterhalb des zerebralen Niveaus liegt, um den CPP zu ermitteln.

Die Wasserfall-Hypothese hingegen vertritt die Ansicht, dass die angenommene kontinuierliche Blutsäule bei einem Lagewechsel nicht aufrechterhalten werden kann und somit zerebrale Gefässe kollabieren. So wird geschätzt, dass pro 1.25cm Höhenunterschied 1 mmHg von dem gemessenen arteriellen Mitteldruck am tiefer liegenden Messort abgezogen werden muss, um den tatsächlichen MAP am Bestimmungsort, in diesem Fall dem Gehirn, beurteilen zu können. Wird der Blutdruck invasiv mittels Katheter gemessen, wird angeraten, den Druckaufnehmer (Transducer) auf Gehörgangshöhe anzubringen, um einen realistischen Druckwert für die zerebrale Zirkulation abbilden zu können.

Auch wenn weder die eine noch die andere Theorie bis jetzt eindeutig bestätigt ist, riet die Anesthesia Patient Safety Foundation 2009 den Blutdruck bei Patienten in sitzender Lagerung gemäss der Wasserfall-Hypothese zu korrigieren und sicherzustellen, dass der am Oberarm gemessene NiBD min. 20-25 mmHg über der mutmasslichen unteren zerebralen Autoregulationsgrenze liegt. (M. Book at al., 2015)

## 4.2 Was können wir tun?

Nachdem ich im vorangegangenen Teil die Einflussfaktoren einer intraoperativen Hypotonie herausgearbeitet habe, fokussiere ich mich im Folgenden Abschnitt auf Massnahmen der Prävention. Als einführendes Extrembeispiel stelle ich anhand der Arbeit von L. Auer (seines Zeichens Professor für Medizin an der Universität Graz) eine etwas speziellere präventive Massnahme vor. Hierbei handelt es sich um den Anti-Gravitationsanzug (Anti-G-Suit).

Die Idee für diesen Anzug entstammt der Luftfahrt, genauer dem Militär. Diese Anzüge wurde für Kampffjetpiloten entwickelt, die z.B. in Sturzflügen extremen G-Kräften ausgesetzt sind. Durch diesen Anzug soll verhindert werden, dass extreme Volumenverschiebungen in die untere Körperhälfte stattfinden und in Folge dessen der Pilot durch eine Minderperfusion des Gehirns das Bewusstsein verliert. Natürlich sind die Kräfte die in einem Sturzflug mit einem Kampffjet auf den Körper wirken keineswegs mit einem Lagewechsel eines narkotisierten Patienten zu vergleichen. Durch den in Narkose stark gedämpften Sympathikotonus reichen jedoch laut H. Benzer (2013) schon die normalen Gravitationskräfte beim Lagewechsel des Patienten aus, um die zerebrale Perfusion nicht mehr regelhaft zu gewährleisten.

Der von Prof. L. Auer 1975 verwendete modifizierte Anti-G-Suit reichte vom Sprunggelenk bis zum Xyphoid und sollte durch Kompression von aussen den venösen Rückfluss unterstützen und damit den Blutdruck stabil halten.

Der Anti-G-Suit schien seinen Zweck tatsächlich gemäss der Theorie zu erfüllen. Prof. Auer dokumentierte in mehreren wissenschaftlichen Artikeln, dass der Blutdruck erfolgreich gesteigert und auf ausreichend hohem Niveau gehalten werden konnte.



Abb. 2+3, Auer, L. (1975) – Praxisanwendung: Anlage des Anti-G-Suits

Der Anti-G-Suit hatte jedoch auch seine Tücken. Gerade bei längerer Anwendung wurden Hautläsionen und Nekrosen dokumentiert. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die Perfusion und Blutzirkulation in der unteren Körperhälfte nur noch bedingt bzw. teilweise unzureichend gewährleistet wurde. Ausserdem bildeten sich durch den erhöhten Druck im Abdomen- und Thoraxbereich schneller Atelektasen in der Lunge. (Nach L. Auer, 1975)

Auch heute noch wird eine abgewandelte Version bzw. das theoretische Prinzip des Anti-Gravitationsanzuges in der Anästhesie eingesetzt. Das moderne Äquivalent sind die sogenannten pneumatischen Strümpfe. Diese werden dem Patienten ebenfalls präoperativ angelegt und verbessern durch regelmässiges Auf- und Abpumpen von Luft den venösen Rückfluss. Sie reichen vom Knöchel bis zur Hüfte und sind aus weichem Material, welches Durckstellen verhindern soll. Die pneumatischen Strümpfe werden vor allem auch zur Prävention von Thrombosen bei langen Operationen oder Immobilisation angewandt. Da diese Strümpfe jedoch relativ teuer sind, wird aus eigener Erfahrung bei kurzen Operationen in der BCP auf kostenkünstigere, jedoch weniger effektive Kompressionsstrümpfe zurückgegriffen.

Ein weiteres zentrales Problem neben der Volumenverschiebung und der Dämpfung des Sympathikotonus ist die Hypovolämie. Die Patienten sind für die meisten Operationen nüchtern, und das oft weit über acht Stunden präoperativ. Zudem kommen bei Patienten der Traumatologie und Notfallmedizin verletzungsbedingte Blutungen hinzu. Dies schafft ein Volumendefizit, was vor der Narkoseeinleitung oder intraoperativ möglichst ausgeglichen werden sollte. Oft ist ein Volumenmangel hauptverantwortlich für eine intraoperative Hypotonie. (P. Frank et al., 2017)

Weiterhin empfehlen T. Schmidt-Brähling et al. (2017) ein Aufsetzen des Patienten nur bei «einem systolischen Blutdruck von mindestens 90 mmHg» (T. Schmidt-Brähling et al., 2017, S.96). Um die zerebrale Perfusion besser gewährleisten zu können, ist es in Bezug auf die Lagerung wichtig, dass der Kopf des Patienten in Neutralposition gelagert und dass die Lagerung intraoperativ regelmässig überprüft wird. Der Grund für diese Umsicht liegt in möglicherweise verheerenden Folgen für die zerebrale Durchblutung bei Kompression von zu- und abfliessenden Gefässen durch Dehnung oder Drehung des Halses. (Nach T. Schmidt-Brähling et al., 2017)

In Bezug auf die Blutdruckmessung empfehlen P. Frank et al. (2017) und M. Welch (2017) die Korrektur des Blutdrucks nach der Wasserfall-Hypothese. Hierbei muss der

hydrostatische Druck von dem am Oberarm nicht-invasiv gemessenen Blutdruck abgezogen werden. Das heisst, wie zuvor erläutert, dass pro Zentimeter Höhenunterschied 0.77 mmHg (oder pro 1.25 cm, 1 mmHg) abgezogen werden müssen, um den zerebralen MAP zu bestimmen.

Doch nicht nur bei Risikopatienten wird die grosszügige Indikationsstellung einer invasiven Blutdruckmessung empfohlen. Auch für gesunde Patienten in extremen Lagerungen wie die BCP wird eine invasive MAP-Messung angeraten. Eine kontinuierliche Messung ist ein entscheidender Vorteil zum niBD. Wird der Druckabnehmer des Arterienkatheters auf Gehörgangshöhe angebracht und kallibriert, bildet dies nach P. Frank et al. (2017) und M. Welch (2017) den zerebralen MAP am Genauesten ab.

Die weitverbreitete kontrollierte Hypotension kann, wie M. Book und andere 2017 beschrieben, in bestimmten Fällen das Mortalitäts- und Morbiditätsrisiko eines Eingriffes verringern. Sie sollte vor Allem aber in der aufrechten Position kritisch beurteilt werden und mit dem Operateur und dem Patienten vorab besprochen werden. Ein in der Literatur verwendetes Medikament ist z.B. Nitroglycerin, es steigert durch eine Vasodilatation das intrazerebrale Blutvolumen. Dies kann zur Folge haben, dass der CPP aufgrund des vermehrten Gewebedrucks zusätzlich zum niedrigen MAP weiter sinkt und das Hirn schlechter perfundiert wird. (ebenso nach M. Book et al., 2017)

Ich persönlich habe jedoch nicht beobachten können, dass dieses Medikament zur kontrollierten Hypotension verwendet worden ist.

Was die Korrektur des hypotonen Blutdrucks angeht, sollte dieser nicht «unkritisch mittels Vasokonstriktoren» (A. Wyland, F. Grüne, 2017, S. 381) korrigiert werden. Ferner sollte zuerst Ursachenforschung und Bekämpfung betrieben werden. Trotzdem muss eine auftretende Hypotonie möglichst schnell behoben werden.

Seit einiger Zeit steht uns abschliessend ein neues Instrument zur Verfügung, das helfen kann, kritische Hypotonien, die einen zerebralen Sättigungsabfall bedingen frühzeitig zu erkennen.

Diese Bestimmung der unteren zerebralen Autoregulationsgrenze ist gerade bei kardiovaskulär vorerkrankten Patienten wichtig. Denn hier ist oft die Autoregulationsgrenze nach oben verschoben, sprich die allgemeingültigen geschätzten Autoregulationsuntergrenzen gelten für diese Patienten nicht. Die sogenannte Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) bietet die Möglichkeit, nicht-invasiv die zerebralvenöse Sauerstoffsättigung im Frontalhirn zu messen und etwaige Sättigungsabfälle frühzeitig zu erkennen. (M. Book et al. 2017)

Das Prinzip ist ähnlich der Pulsoxymetrie. Infrarotlicht wird ausgetrahlt und aus der individuellen Rate der Lichtabsorption ergibt sich dann die prozentuale Sauerstoffsättigung. (S. Thai, A. Sebastiani, 2015).

## 5 Persönliches Fazit

Für mich war die Recherche zu der vorliegenden Arbeit eine grosse Herausforderung, aber auch sehr gewinnbringend. Einerseits war ich mir bereits zuvor der hohen Komplexität des Themas bewusst. Andererseits jedoch konnte ich schliesslich erkennen, dass bei guter Vorbereitung und natürlich Vorerfahrung mit dieser Lageposition viele Komplikationen vermieden werden können. So kann ich die Erkenntnisse, die im Fact Sheet in einer Übersicht dargestellt werden, sehr gut in meinen Praxisalltag integrieren. Was mir hierbei am meisten geholfen hat, waren die pathophysiologischen Grundsätze zur zerebralen Autoregulation.

Insgesamt hat mir die vorliegende Arbeit geholfen, meine Kenntnisse über die Beach-Chair-Lagerung zu präzisieren und zu vertiefen.

Meiner Meinung nach gibt es viel interessante Literatur über dieses Thema. Setzt man sich eingehend mit dieser auseinander, finde ich, dass die vorgeschlagenen Präventionsmassnahmen gut auf die Praxis anwendbar sind.

## 5.1 Fragestellung

Durch die vielen sehr guten Quellen bezüglich meines Themas hatte ich keine Schwierigkeiten, meine Fragestellungen zu beantworten. Ich habe schnell bemerkt, dass meine Fragestellung nach der Entstehung der Hypotonie auch schon viele Andere vor mit beschäftigt hat. Was mir jedoch auffiel und was auch oftmals beschrieben wurde, ist die Frage nach der Definition einer intraoperativen Hypotonie. Ich habe viele verschiedene Definitionen dieses Begriffes gefunden. Ich habe mich nach meiner ausführlichen Literaturrecherche dafür entschieden, den zerebralen arteriellen Mitteldruck von mindestens 60 mmHg als unterste Autoregulationsgrenze für meinen Fact-sheet zu nehmen. Dieser Wert bezieht sich auf vollkommen gesunde und junge Patienten. Desweiteren wurde auch der Abfall des Ausgangsblutdruckes von mehr als 30% als kritisch betrachtet. Diesbezüglich stimme ich mit den Autoren verschiedener Fachartikel überein, dass eine Untergrenze bezüglich des tolerablen zerebralen MAP mit den Ausgangsblutdruckwerten des Patienten in Zusammenhang stehen muss. Allerdings habe ich schon oft erlebt, dass der erste in der Einleitung gemessene Blutdruck nicht dem durchschnittlichen Blutdruck der Patienten entspricht, da der Blutdruck oftmals aufgrund der Aufregung viel höher ist. Man muss meiner Meinung nach also Blutdruckwerte vorangegangener Tage und unterschiedlicher Messzeiten haben, um daraus den durchschnittlichen Blutdruck des Patienten ablesen zu können und um wiederum feststellen zu können, ab wann der intraoperative Blutdruck sich einer kritischen Hypotonie nähert. Problematisch sehe ich dies bei Patienten, die am selben Tag morgens für eine Operation eintreten. Hier muss ich die Patienten präoperativ in der Einleitung bezüglich ihres Blutdrucks befragen. Hierbei ist jedoch fraglich, ob sie diesen überhaupt regelmässig messen. Dies ist bei jungen, gesunden Patienten meist nicht der Fall und so muss ich mich wieder an Mutmassungen bezüglich der sinnvollen Blutdruckgrenzen halten. Auch bezüglich der Präventions- und Therapiemöglichkeiten habe ich viel Material gefunden. Das Meiste davon konnte ich in der Praxis schon selber anwenden oder hatte zumindest davon gehört. Aufgrund meiner neuen und ausgebauten Erkenntnisse werde ich in Zukunft vermehrt auf den präoperativen Volumenstatus der Patienten achten. Desweiteren werde ich versuchen, die Prädiktoren für eine intraoperative Hypotonie frühzeitig zu erkennen, um schneller präventive Massnahmen ergreifen zu können. Ich werde zum Beispiel darauf achten, dass Patienten zumindest Kompressionsstrümpfe anhaben und erst in die sitzende Position gebracht werden, wenn der systolische Blutdruck  $\geq 90$  mmHg beträgt. Zudem werden ich noch mehr Augenmerk darauf legen, die Patienten auf Druckstellen zu untersuchen und die mir zugänglichen Körperteile regelmässig intraoperativ zu entlasten, um Druck- und Nervenschäden zu verhüten.

## 5.2 Wie hat diese Diplomarbeit meinen Blickwinkel verändert?

In dieser Diplomarbeit und meiner Recherche ist mir deutlich bewusster geworden, dass die Beach-Chair-Position zu den komplizierten Lagerungen gehört und nicht zu unterschätzen ist. Auch junge und gesunde Patienten sind einem nochmal höheren Komplikationsrisiko ausgesetzt als in anderen Lagerungen. Zudem ist mir klargeworden, dass es für Vieles schon Regeln und Richtlinien gibt, für Anderes bisher aber vielfach keine einheitliche Definition gefunden worden ist. Demnach wird wohl noch viel geforscht werden müssen, um das Komplikationsrisiko weiter senken zu können. Ich werde mich an die bekannten und bewährten Regeln und Massnahmen halten, um die intraoperative Hypotonie möglichst einzudämmen und zu verhindern, damit meine Patienten möglichst keine postoperativ kognitiven Folgeschäden erleiden müssen.

In Zukunft werde ich versuchen, auch die Aufmerksamkeit meiner Kollegen auf die Komplexität und Gefahren in der Beach-Chair-Lagerung zu lenken, da mit wenigen einfachen Mitteln die Gefahr einer Organminderperfusion deutlich verringert bis gebannt werden kann. Ich werde ebenfalls die weiteren vielversprechenden Entwicklungen der Nahinfrarotspektroskopie beobachten, um zu erfahren, ob es bald möglich ist, dieses Instrument zur Erhöhung der Patientensicherheit routinemässig einzusetzen.

## 6 Praxistransfer

In dem letzten Teil meiner Diplomarbeit habe ich einen Handlungspfad, bzw. fact sheet für meinen persönlichen Praxisgebrauch entwickelt. Dieser bildet kompakt ab, was ich im Laufe dieser Arbeit neu gelernt und erarbeitet habe. Zudem soll er mir erleichtern, wie ich mich in Zukunft auf Narkosen in der Beach-Chair-Position vorbereiten, Risikofaktoren frühzeitig erkennen und sinnvolle Präventionen einleiten kann.

### 6.1 Der Fact-Sheet

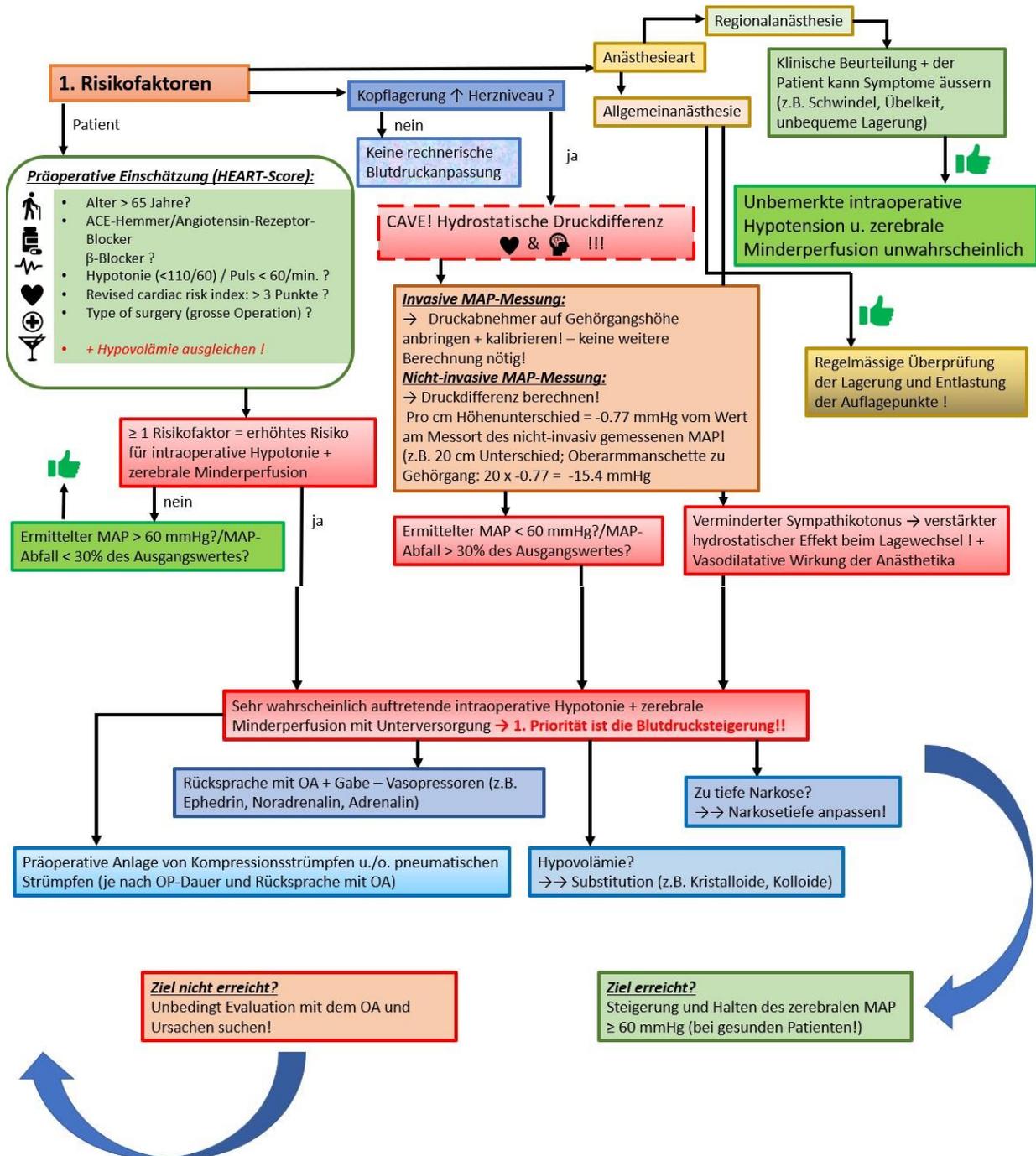


Abb. 4, P. Grombach (2017) – Der «Fact-Sheet» zur Prävention und Behandlung einer intraoperativen Hypotonie in der Beach-Chair-Position.

## Literaturverzeichnis

Aguirre, J. A., Märzendorfer, O., Brada, M., Saporito, A., Borgeat, A., & Bühler, P. (2016). Cerebral oxygenation in the beach chair position for shoulder surgery in regional anesthesia: impact on cerebral blood flow and neurobehavioral outcome. *Journal of clinical anesthesia*, 35, 456-464.

Auer, L. (1975). Anti-Gravitationsanzug gegen akuten Blutdruckabfall bei Operationen in sitzender Lagerung. *Acta Neurochirurgica*, 32(1), 131-137.

[https://www.apsf.org/newsletters/html/2010/summer/01\\_anniversary.htm](https://www.apsf.org/newsletters/html/2010/summer/01_anniversary.htm)

Behrends, J. C. (2010). *Physiologie: 93 Tabellen*. Georg Thieme Verlag.

Beloiartsev, A., & Theilen, H. (2011). Operative Eingriffe in sitzender Position. *Der Anaesthesist*, 60(9), 863.

Benzer, H. (2013). *Lehrbuch der Anästhesiologie, Reanimation und Intensivtherapie*. Springer-Verlag.

Book, M., Jelschen, F., & Weyland, A. (2017). Intraoperative Hypotonie: Pathophysiologie und klinische Relevanz. *AINS-Anästhesiologie · Intensivmedizin · Notfallmedizin · Schmerztherapie*, 52(01), 16-27.

Bramsiepe, I. S. (2008). Tierexperimentelle und klinische Untersuchungen zum Einsatz einer Thermodiffusionssonde zur kontinuierlichen Erfassung des regionalen cerebralen Blutflusses während milder Hyperventilation (Doctoral dissertation, Halle (Saale), Univ., Diss., 2008).

Cheung, C. C., Martyn, A., Campbell, N., Frost, S., Gilbert, K., Michota, F., ... & Khan, N. A. (2015). Predictors of intraoperative hypotension and bradycardia. *The American journal of medicine*, 128(5), 532-538.

Cohn, S. L., & Fleisher, L. A. (2017). *Evaluation of cardiac risk prior to noncardiac surgery*. Accessed April, 26.

Cullen, D. J., & Kirby, R. R. (2007). Beach chair position may decrease cerebral perfusion : catastrophic outcomes have occurred. *APSF newsletter*, 22(2), 25-27.

Dambach, M. (2009). Fachmodul 3 Anästhesiepflege: *Schädel-Hirn-Trauma*. 2017 an der Z-INA, Höhere Fachschule für Intensiv-, Notfall und Anästhesiepflege Zürich.

Dr. Bach, M. (2007). *Klinisches Wörterbuch, Pschyrembel*. De Gruyter.

<https://depts.washington.edu/asaccp/projects/neurologic-injury-after-non-supine-shoulder-surgery-nins-registry>

Frank, P., Ilies, C., Schmidt, R., & Bein, B. (2017). Intraoperative Hypotonie: Bedeutung und Monitoring in der klinischen Praxis. *AINS-Anästhesiologie · Intensivmedizin · Notfallmedizin · Schmerztherapie*, 52(01), 29-44.

Ganter, M. (2017). Fachmodul 3 Anästhesiepflege: *Hämodynamik*. 2017 an der Z-INA, Höhere Fachschule für Intensiv-, Notfall und Anästhesiepflege Zürich.

Gillespie, R., Shishani, Y., Streit, J., Wanner, J. P., McCrum, C., Syed, T., ... & Gobezie, R. (2012). The safety of controlled hypotension for shoulder arthroscopy in the beach-chair position. *JBJS*, 94(14), 1284-1290.

Haseneder, R., Kochs, E., & Jungwirth, B. (2012). Postoperative kognitive Dysfunktion. *Der Anaesthetist*, 61(5), 437-443.

Koh, J. L., Levin, S. D., Chehab, E. L., & Murphy, G. S. (2013). Neer Award 2012: cerebral oxygenation in the beach chair position: a prospective study on the effect of general anesthesia compared with regional anesthesia and sedation. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 22(10), 1325-1331.

Laflam, A., Joshi, B., Brady, K., Yenokyan, G., Brown, C., Everett, A., ... & Hogue, C. W. (2015). Shoulder surgery in the beach chair position is associated with diminished cerebral autoregulation but no differences in postoperative cognition or brain injury biomarker levels compared with supine positioning: the anesthesia patient safety foundation beach chair study. *Anesthesia and analgesia*, 120(1), 176.

Menche, N. (2007). *Biologie, Anatomie, Physiologie*. Urban & Fischer

Palmaers, T. (2015). Anästhesie in der Orthopädie/Unfallchirurgie–Narkoseführung und Kreislauf-management in sitzender Position. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 50(04), 280-285.

Gabriel, R. A., Beverly, A., Dutton, R. P., & Urman, R. D. (2017). Patterns of intra-arterial blood pressure monitoring for patients undergoing total shoulder arthroplasty under general anesthesia: a retrospective analysis of 23,073 patients. *Journal of clinical monitoring and computing*, 31(5), 877-884.

Sawires M, Berek K. (2012). Horner-Syndrom: Neuroanatomie pathophysiologische Grundlagen und diagnostische Verfahren. *Journal für Neurologie Neurochirurgie und Psychiatrie*, 13 (3), 126-133.

Tom Schmidt-Bräkling, Ulrich Pohl, Georg Gosheger, Hugo Van Aken (2017): Patientenlagerung im OP. *intensiv*, 25(04), 210-210.

Thal, S. C., & Sebastiani, A. (2015). Anästhesie und Organprotektion–Einfluss des anästhesiologischen Managements auf die intraoperative Neuroprotektion. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 50(09), 556-564.

Weyland, A., Grüne, F., arterieller Druck, M., & Venendruck, Z. (2013). Intraoperative Hypotension–Pathophysiologie und Konsequenzen. *Anaesth Intensivmed*, 54, 381-390.

Yadeau JT, Liu SS, Bang H, et al. Cerebral oximetry desaturation during shoulder surgery performed in a sitting position under regional anesthesia. *Can J Anaesth* 2011; 58:986.

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1, Menche, N. 2007. *Biologie, Anatomie, Physiologie*, 6. Auflage. München: Urban&Fischer

Abb.2+3, Auer, L. 1975. *Anti-Gravitationsanzug gegen akuten Blutdruckabfall bei Operationen in sitzender Lagerung*. Graz: Springer Verlag

Abb. 4, Grombach, P. 2017. Im Rahmen der Diplomarbeit zum Abschluss des Nachdiplomstudienganges der Anästhesiepflege. *Die Beach-Chair-Lagerung, Hypotonie – was tun?*

### **Danksagung**

Hiermit möchte ich mich nochmals bei Allen bedanken, die mir bei meiner Literaturrecherche und Themenerarbeitung für diese Diplomarbeit zur Seite standen, insbesondere bei Philipp Schmidt, der mich immer wieder motiviert und in meinen Ideen bekräftigt hat. Doch nicht nur während dieser Arbeit, sondern auch während der gesamten Ausbildung fühlte ich mich von Berufsbildnern und unseren Bildungsverantwortlichen tatkräftig unterstützt. Und so möchte ich mich speziell bei Mark Keller, Johannes Püchel, Eileen Sprössig und Christoph Grube bedanken. Sie haben mir einen sehr guten Start und Einstieg in das NDS Anästhesie ermöglicht und mich auch in kritischen Situationen unterstützt.

## Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass diese Diplom-/ Projektarbeit von mir selbständig erstellt wurde. Das bedeutet, dass ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel beigezogen und keine fremden Texte als eigene ausgegeben habe. Alle Textpassagen in der Diplom-/ Projektarbeit, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Datum:

Unterschrift:

## Veröffentlichung und Verfügungsrecht

Die Z-INA verpflichtet sich, die Diplom-/ Projektarbeit gemäss den untenstehenden Verfügungen jederzeit vertraulich zu behandeln.

Bitte wählen Sie die Art der vertraulichen Behandlung:

<input checked="" type="checkbox"/>	Veröffentlichung ohne Vorbehalte
<input type="checkbox"/>	Keine Veröffentlichung

Datum:

Unterschrift:

Bei Paararbeit Unterschrift der 2. Autorin/ des Autors:

Von der Z-INA auszufüllen:

Die Z-INA behält sich vor, eine Diplom-/ Projektarbeit nicht zur Veröffentlichung frei zu geben.

<input checked="" type="checkbox"/>	Die Diplom-/ Projektarbeit kann seitens Z-INA veröffentlicht werden
<input type="checkbox"/>	Die Diplom-/ Projektarbeit kann seitens Z-INA nicht veröffentlicht werden

Datum:

Unterschrift der Studiengangsleitung: