

Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
des Kepler Universitätsklinikums Linz

Vorstand: Primar Dr. Dr. Michael Malek

**Einfluss der Patientenlagerung auf den intraoperativen  
Blutverlust in der orthognathen Chirurgie – eine randomisierte,  
kontrollierte Studie**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Nikolaus Martin Stehrer

aus

Kirchdorf an der Krems

2023

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Matthias Jacob

Mitberichterstatter: PD Dr. Dr. Wenko Smolka  
PD Dr. Thomas Weig

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. Dr. Raphael Stehrer

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 19.10.2023

Um einen kontinuierlichen Lesefluss zu gewährleisten, wird in dieser Arbeit bewusst auf das Binnen-I bzw. auf die Trennung von weiblichen und männlichen Begriffsformen wie etwa „Patientin“ und „Patient“ verzichtet. Selbstredend sind stets Angehörige aller Geschlechter gemeint, auch wenn wir uns notgedrungen sprachlich für eine mögliche Form entscheiden.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Geschichtlicher Überblick über die orthognathe Chirurgie .....	1
1.2	Einteilung und epidemiologische Daten .....	2
1.2.1	Dentoalveoläre Dysgnathien .....	2
1.2.2	Skelettale Dysgnathien .....	2
1.2.3	Epidemiologie .....	2
1.3	Indikationen zur Operation .....	3
1.3.1	Kontraindikationen.....	3
1.3.2	Operationszeitpunkt .....	4
1.4	Operative Möglichkeiten in der orthognathen Chirurgie .....	5
1.4.1	Osteotomien des Oberkiefers .....	5
1.4.1.1	LeFort-I-Osteotomie.....	5
1.4.1.2	Chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung.....	6
1.4.2	Osteotomien des Unterkiefers .....	6
1.4.2.1	Bilaterale sagittale Spaltosteotomie .....	6
1.4.3	Bignathe Umstellungsosteotomien.....	7
1.5	Komplikationen in der orthognathen Chirurgie .....	8
1.5.1	Präoperative Komplikationen.....	8
1.5.2	Intraoperative Komplikationen .....	9
1.5.2.1	„Bad split“ .....	9
1.5.2.2	Blutung und Blutverlust .....	9
1.5.3	Postoperative Komplikationen .....	10
1.5.3.1	Nervenschädigungen .....	10
1.5.3.2	Rezidive.....	10
1.5.3.3	Infektionen .....	10
1.6	Besondere Bedeutung des intraoperativen Blutverlusts als Komplikation .....	11
1.7	Maßnahmen zur Reduktion des intraoperativen Blutverlusts in der orthognathen Chirurgie.....	13
1.7.1	Hämostatika.....	13
1.7.1.1	Adrenalin .....	13
1.7.1.2	Desmopressin .....	13
1.7.1.3	Tranexamsäure .....	14
1.7.2	Hypotensive Anästhesie .....	14
1.8	Einfluss der Patientenlagerung auf den intraoperativen Blutverlust.....	16
1.9	Ziel dieser Arbeit.....	18

<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>19</b>
2.1	Studiendesign .....	19
2.1.1	Ein- und Ausschlusskriterien .....	19
2.1.2	Ethikkommission und Aufklärung .....	20
2.2	Operation und Anästhesie .....	21
2.3	Erhebung des Blutverlusts .....	23
2.4	Erhobene Parameter .....	24
2.5	Haupt- und Nebenzielgrößen .....	25
2.6	Statistische Analyse .....	26
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>27</b>
3.1	Allgemeine Parameter.....	28
3.2	Präoperatives Labor .....	30
3.3	Operative Daten .....	33
3.4	Postoperatives Labor.....	37
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>40</b>
4.1	Ergebnisse .....	40
4.2	Bedeutung der Lagerung.....	42
4.3	Klinische Relevanz.....	47
4.4	Vergleichbarkeit beider Gruppen.....	48
4.5	Limitationen .....	49
4.6	Schlussfolgerung.....	50
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>51</b>
5.1	Einleitung .....	51
5.2	Material und Methoden.....	51
5.3	Ergebnisse .....	52
5.4	Schlussfolgerung.....	52
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>Danksagungen</b> .....	<b>61</b>
<b>11</b>	<b>Affidavit</b> .....	<b>62</b>

# **1 Einleitung**

## **1.1 Geschichtlicher Überblick über die orthognathe Chirurgie**

Die Anfänge der orthognathen Chirurgie lassen sich nach Nordamerika zurückverfolgen, wo in der Mitte des 19. Jahrhunderts damit fast ausschließlich mandibuläre Prognathien therapiert wurden. Simon P. Hüllihen gilt als Beschreiber der ersten mandibulären Osteotomie zur Korrektur eines frontal offenen Bisses, entstanden als Resultat einer Verbrennung. Hüllihen wird somit als Vater der amerikanischen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie angesehen (Bell 2018).

Im weiteren geschichtlichen Verlauf gibt es eine Vielzahl von Beschreibungen von Methoden zur operativen Korrektur skelettaler Fehlstellungen des Gesichtsschädels, bei denen sich oft Probleme bei der Frage nach der Urheberschaft der Methode ergeben. Besonders zu erwähnen sind jedoch Vilray P. Blair und Edward Angle, die 1897 gemeinsam die erste beschriebene beidseitige Ostektomie im Unterkieferkörper durchführten, worüber 1906 von James Whipple in der Fachliteratur berichtet wurde (Reuther 2000).

Entscheidend zum Aufschwung der orthognathen Chirurgie in Europa trugen Heinz Köle und Hugo Obwegeser bei. Köle beschrieb als Erster eine bimaxilläre alveolare Operation zur Korrektur einer Protrusion. Von Obwegeser stammt die Methode der bilateralen sagittalen Spaltosteotomie des Unterkiefers, außerdem war er der Erste, der 1969 eine große Serie an von ihm durchgeführten LeFort-I-Osteotomien veröffentlichte und diese Technik damit entscheidend vorantrieb (Steinhauser 1996).

Die orthognathe Chirurgie wird nun seit vielen Jahren zur ästhetischen und funktionellen Therapie von Dysgnathien eingesetzt. Außerdem ist sie auch in der Behandlung von Krankheiten wie Migräne oder dem Obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom etabliert (Singh, Sudhakar et al. 2017).

## **1.2 Einteilung und epidemiologische Daten**

Eine normgerechte Stellung beider Kiefer zueinander, inklusive dem Vorliegen einer Normokklusion, wird als Eugnathie bezeichnet. Dysgnathien sind davon abweichende Formen, welche durch Anomalien der Zahnstellung, der Kieferstellung oder aus einer Kombination beider Fälle zustande kommen können. Es werden somit dentoalveoläre und skelettale Dysgnathieformen sowie Kombinationen beider unterschieden (Schwenzer 2011).

### **1.2.1 Dentoalveoläre Dysgnathien**

Von dentoalveolären Dysgnathien wird gesprochen, wenn die Kieferbasen in Bezug auf den Schädel korrekt zueinanderstehen und die Störung bei einem oder beiden Alveolarfortsätzen oder bei den Zähnen liegt (Schwenzer 2011).

### **1.2.2 Skelettale Dysgnathien**

Bei Anomalien der Lage oder Größe von Ober- und Unterkiefer zueinander oder zur Schädelbasis wird von skelettalen Dysgnathien gesprochen. Gemäß der Ebenen im Raum lassen sich diese weiters in vertikale, horizontale sowie transversale Dysgnathien beziehungsweise in Dysgnathien der Sagittal-, der Frontal- sowie der Transversalebene einordnen. Des Weiteren werden symmetrische sowie asymmetrische Formen unterschieden. Als bignathe Dysgnathien bezeichnet man Fälle, in denen eine Kombination von Fehlstellungen in beiden Kiefern vorliegt (Schamsawary 2007, Schwenzer 2011).

### **1.2.3 Epidemiologie**

Bei Erwachsenen finden sich häufig Rücklagen des Unterkiefers, beim Milchgebiss ist vor allem der offene Biss vorherrschend. Eine genauere Angabe zur Inzidenz von Dysgnathien ist allerdings schwierig, da keine allgemeinen Register zur Erfassung dieser existieren (Schwenzer 2011).

## **1.3 Indikationen zur Operation**

Bei Dysgnathieoperationen handelt es sich um elektive Eingriffe, die aus unterschiedlichen Gründen medizinisch indiziert sein können. Dazu gehören die Herstellung einer sicheren und funktionellen Okklusion, die Herstellung einer normalen Kieferrelation, die Verbesserung der Sprechfunktion – beispielsweise bei Patienten mit frontal offenem Biss – und auch das Erzielen einer ästhetischen Verbesserung im Sinne der Schaffung eines harmonischen Gesichtsprofs sowie der Therapie etwaig bestehender Asymmetrien. Wegweisend für die Operation und die Entscheidung dazu ist in der Regel eine fachübergreifende Zusammenarbeit zwischen der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie der Kieferorthopädie, wobei bei Bedarf auch andere Disziplinen wie die prothetische oder konservierende Zahnheilkunde, die Parodontologie oder die Logopädie hinzugezogen werden (Schwenzer 2011).

Dentoalveoläre Anomalien lassen sich häufig durch kieferorthopädische Apparaturen, wie etwa einer Zahnspange, zufriedenstellend therapieren. In Fällen, bei denen eine Anomalie der Lagebeziehungen der Kieferbasen und des Gesichtsschädels vorliegen und eine rein konservative, kieferorthopädische Behandlung nicht ausreicht, ist jedoch ein orthognath-chirurgischer Eingriff vonnöten. Während bei jugendlichen, sich im Wachstum befindlichen Patienten skelettale Dysgnathien oft durch eine kieferorthopädische Behandlung allein therapiert werden können, so ist vor allem nach Abschluss des Wachstums sowie bei schweren Formen von skelettalen Anomalien eine operative Therapie erforderlich (Kahl-Nieke 2010).

### **1.3.1 Kontraindikationen**

Grundsätzlich gelten geistige Behinderungen sowie schwere Erkrankungen aus dem psychischen und psychiatrischen Formenkreis als Kontraindikation für elektive chirurgische Eingriffe. Auch Allergien, Erkrankungen des Blutes oder der Blutgerinnung, des Herz-Kreislaufsystems, des endokrinen Systems oder des Stützgewebes sollten präoperativ sorgfältig diagnostiziert und gegebenenfalls entsprechend berücksichtigt werden (Hausamen, Machtens et al. 2012).



### **1.3.2 Operationszeitpunkt**

Der günstigste Zeitpunkt für eine operative Therapie ist in der Regel nach Abschluss der Wachstumsphase gegeben. Während im Bevölkerungsdurchschnitt das Wachstum bei Knaben gegen Ende des 18., bei Mädchen gegen Ende des 16. Lebensjahres abgeschlossen ist, sind individuelle Abweichungen von bis zu zwei Jahren in beide Richtungen möglich. Es ist daher das skelettale Alter, nicht das numerische, zur Festlegung des Operationszeitpunkts entscheidend. Die Bestimmung des skelettalen Alters erfolgt durch ein Zusammenspiel von Anamnese, körperlicher Untersuchung sowie, bei Bedarf, einer Röntgenaufnahme der Hand (Hausamen, Machtens et al. 2012).

## **1.4 Operative Möglichkeiten in der orthognathen Chirurgie**

Die orthognathe Chirurgie lässt sich in Bezug auf die operierten Anteile des Kiefers in mehrere Untergruppen unterteilen. Über deren wichtigste Techniken soll im Folgenden ein kurzer Überblick gegeben werden, insbesondere über die jeweiligen Vorgehensweisen, wie sie an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Kepler Universitätsklinikums Linz durchgeführt werden.

### **1.4.1 Osteotomien des Oberkiefers**

#### **1.4.1.1 LeFort-I-Osteotomie**

Die LeFort-I-Osteotomie ermöglicht die Korrektur von verschiedenen dentofazialen Fehlstellungen, da sie eine dreidimensionale Korrektur des Oberkiefers in allen drei Raumebenen ermöglicht. Aufgrund dieser Vielseitigkeit des Eingriffs konnte die LeFort-I-Osteotomie große Popularität gewinnen (Buchanan and Hyman 2013).

Der Patient wird in Rückenlage positioniert und nasotracheal intubiert. Der Eingriff wird ausschließlich von intraoral durchgeführt und beginnt mit einem Schleimhautschnitt in regio 16, der horizontal etwa drei Millimeter oberhalb der mukogingivalen Grenzlinie zirkumvestibulär zur Gegenseite geführt wird. Nach derartiger Darstellung des Operationsgebiets erfolgt die Osteotomie beidseitig im Bereich der Crista zygomaticoalveolaris durch die faziale Kieferhöhlenwandung bis nach ventral zur Apertura piriformis und durch die vorderen zwei Drittel der lateralen Nasenwandung. Anschließend wird das Nasenseptum in Höhe des Nasenbodens durchtrennt sowie die pterygomaxilläre Verbindung osteotomiert. Nun kann der zahntragende Anteil der Maxilla nach kaudal frakturiert werden, was als Down Fracture bezeichnet wird. Die Neueinstellung des osteotomierten Oberkiefers erfolgt nun mit Hilfe von Splints gemäß seiner okklusalen Beziehung zum Unterkiefer. Nach entsprechender Einstellung wird eine funktionsstabile Osteosynthese des Oberkiefers mittels vier individuell angebogenen Miniplatten, die jeweils neben der Apertura piriformis und auf der Crista zygomaticoalveolaris fixiert werden, erreicht. Zuletzt erfolgt die Wundversorgung mittels resorbierbarem Nahtmaterial (Hausamen, Machtens et al. 2012).

### **1.4.1.2 Chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung**

Die chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung (SARPE – surgically assisted rapid palatal expansion) kann im Falle einer transversalen Enge im Bereich des Oberkiefers angewandt werden (Hausamen, Machtens et al. 2012). Außerdem kann der Eingriff Anwendung finden, um den Zahnbogen des Oberkiefers zu erweitern oder um einen Kreuzbiss zu korrigieren (Suri and Taneja 2008).

In der Literatur werden mehrere Modifikationen der chirurgischen Technik des Eingriffs beschrieben, die meisten setzen jedoch eine Form der Osteotomie nach LeFort-I mit einer zusätzlichen Osteotomie zwischen den mittleren Inzisivi der Maxilla ein (Goddard and Witherow 2011). Weiterführend wird ein Meißel auf der Mittellinie der Spina nasalis anterior aufgesetzt und vorsichtig im Verlauf der Sutura palatina nach dorsal getrieben. Für die transversale Verlagerung der beiden Oberkieferfragmente stehen verschiedene knöchern sowie distal verankerte Distraktoren zur Verfügung. Hauptsächlich etabliert hat sich die Form der knöchern verankerten Dehnschraube. Nach probeweiser Aktivierung des Distraktors, bei der es zu einem deutlich sichtbaren Diastema zwischen den Frontzähnen kommen sollte, wird der Distraktor auf seine Ausgangsbreite zurückgedreht und es erfolgt der Wundverschluss (Hausamen, Machtens et al. 2012).

Die postoperative Distraction beginnt je nach Haus-Standard einige Tage postoperativ mit einer Geschwindigkeit von 0,2 Millimeter pro Tag. Nach ausreichender Distraction und einer Retentionsphase, die der doppelten Dauer der Expansionsphase entspricht, wird der Distraktor in lokaler Betäubung entfernt und die kieferorthopädische Weiterbehandlung begonnen.

## **1.4.2 Osteotomien des Unterkiefers**

### **1.4.2.1 Bilaterale sagittale Spaltosteotomie**

Die bilaterale sagittale Spaltosteotomie (BSSO) kann mittels verschiedener Techniken durchgeführt werden. Die Methode nach Obwegeser in der Modifikation von Dal Pont gilt weltweit in der orthognathen Chirurgie zur Unterkieferverlagerung als die am häufigsten angewandte Technik. Grund dafür ist wohl, dass sich durch diese Methode neben Unterkieferrück- und -vorverlagerungen auch Schwenkungen gut realisieren lassen (Otto 2011).

Der operative Zugang erfolgt über eine intraorale, vestibuläre Schnittführung im Bereich der Unterkiefermolaren über die Linea obliqua bis hin zur Vorderseite der aufsteigenden Unterkieferäste. Bei guter Übersicht werden nun die Osteotomielinien, meist mittels oszillierender Sägen sowie rotierender Birne, durch die Kortikalis des Unterkiefers geführt. Dabei ist zu beachten, nicht zu tief zu osteotomieren, um den Nervus alveolaris inferior nicht zu beschädigen. Die Vervollständigung der Osteotomie kann nun unter Zuhilfenahme von speziellen Dysgnathiemeißeln erfolgen und wird als sagittale Spaltung bezeichnet. Nach erfolgter Trennung des zahntragenden Unterkiefersegments von den beiden gelenkstragenden Anteilen kann dieses mittels eines Splints zum Oberkiefer intraoperativ mandibulo-maxillär fixiert werden, wobei der Oberkiefer dabei als okklusale Referenz gilt. Danach erfolgt die Osteosynthese, üblicherweise durch Verschraubung oder Verplattung von transbukkal, wobei dabei eine Stichinzision durch die Wange notwendig ist. Abschließend wird die mandibulo-maxilläre Fixation gelöst und es erfolgt der Wundverschluss, wenn der Unterkiefer passiv locker in den Splint geführt werden kann und somit in korrekt geplanter Position fixiert ist (Schwenzer 2011).

### **1.4.3 Bignathe Umstellungsosteotomien**

Häufig manifestieren sich Dysgnathien in beiden Kiefern, wobei es vom Ausmaß der Dysgnathie abhängig ist, ob ein funktionell und ästhetisch zufriedenstellendes Ergebnis mittels Osteotomie in nur einem Kiefer erzielt werden kann.

Ist dies nicht der Fall, ist eine bignathe beziehungsweise bimaxilläre Osteotomie notwendig. Die Entscheidung basiert dabei auf der präoperativen Planung und Modelloperation, sowie nicht zuletzt auf den Wünschen des Patienten. Es lassen sich dabei alle bereits erwähnten Verfahren miteinander kombinieren. So kann zum Beispiel auch eine LeFort-I-Osteotomie mit mehreren Segmenten durchgeführt und mit einer BSSO kombiniert werden. Indikationen können beispielsweise eine Kombination von maxillärer Retrognathie mit mandibulärer Prognathie oder eine Gesichtsskoliose mit einseitig vertikaler Verkürzung von Ober- und Unterkiefer sein (Schwenzer 2011).

## **1.5 Komplikationen in der orthognathen Chirurgie**

In der Literatur werden viele verschiedene Arten von Komplikationen in der orthognathen Chirurgie beschrieben. Speziell das Auftreten von schwerwiegenden Komplikationen ist jedoch als äußerst selten einzustufen, wodurch eine orthognath-chirurgische Operation insgesamt als sichere Prozedur bezeichnet werden kann (Panula, Finne et al. 2001). Grundsätzlich können prä-, intra- und postoperative Komplikationen unterschieden werden (Robl, Farrell et al. 2014).

Trotz des geringen Risikoprofils ist jedoch, da es sich bei Dysgnathieoperationen um elektive Eingriffe handelt, ein detailliertes Aufklärungsgespräch von großer Wichtigkeit, um den Patienten über mögliche Komplikationen und die dadurch für ihn resultierenden Folgen zu informieren (Hausamen, Machtens et al. 2012).

### **1.5.1 Präoperative Komplikationen**

Bereits in der präoperativen Phase können in der orthognathen Chirurgie Komplikationen entstehen. Mangelhafte Planung, oder Fehler und Ungenauigkeiten währenddessen, können sich im Sinne eines Folgefehlers auf die Operation selbst und somit auf den Patienten übertragen. Durch das Verfügbarwerden von digital unterstützter präoperativer Planung konnte die Genauigkeit bei orthognath-chirurgischen Eingriffen jedoch maßgeblich verbessert werden, sodass in einer eintausend Fälle umfassenden Studie von keiner einzigen Komplikation als Resultat von Fehlern in der Planungsphase berichtet werden konnte (Robl, Farrell et al. 2014).

Zusätzlich ist es essentiell, präoperativ die funktionellen sowie ästhetischen Ansprüche des Patienten zu verstehen, um sichergehen zu können, dass der Eingriff optimal auf diese Ansprüche angepasst werden kann. Dadurch können die Bereitschaft und die Motivation des Patienten erhöht werden, welche einen direkten Einfluss auf Zufriedenheit und Compliance in der postoperativen Phase haben (Robl, Farrell et al. 2014).

## **1.5.2 Intraoperative Komplikationen**

### **1.5.2.1 „Bad split“**

Zu den am häufigsten beobachteten intraoperativen Komplikationen der orthognathen Chirurgie zählt der sogenannte „bad split“ (Kim and Park 2007). Damit werden unerwartete beziehungsweise unvorteilhafte Bruchmuster im Rahmen der bilateralen sagittalen Spaltosteotomie bezeichnet. Diese können unter anderem zu mechanischer Instabilität, Infektionen oder zu vermehrten Läsionen des Nervus alveolaris inferior führen, bedingt durch vermehrte intraoperative Manipulation, um die ungünstig frakturierten Segmente zu repositionieren (Steenen and Becking 2016). Die Angaben zur Inzidenz eines „bad splits“ reichen in der Literatur von 0,2% (Akhtar and Tuinzing 1999) bis zu 14,6% (Aarabi, Tabrizi et al. 2014). Ein „bad split“ hat neben einer erhöhten Operationsdauer in den meisten Fällen eine Verplattung zur Folge.

### **1.5.2.2 Blutung und Blutverlust**

Der Blutverlust während orthognath-chirurgischen Eingriffen kann beträchtlich sein. Ursächlich dafür ist unter anderem die ausgeprägte Vaskularisation des Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereichs. Je nach Art des vorgenommenen Eingriffs gilt dabei für verschiedene Gefäße das Risiko, intraoperativ verletzt zu werden. Dazu zählen die Arteria sphenopalatina, die Arteria palatina descendens, der Plexus venosus pterygoideus und die Arteria maxillaris inklusive ihrer kollateralen Äste, aber auch die Arteria alveolaris inferior und superior sowie die Arteria facialis und ihre Äste. Als zusätzliche Erschwernis ergibt sich, dass die betroffenen Gefäße aufgrund ihrer Lage und ihres Verlaufs im Falle einer Blutung nur schwer durch Ligatur oder Kauterisation zu versorgen sind (Pineiro-Aguilar, Somoza-Martin et al. 2011). Vor allem bei Osteotomien des Oberkiefers zeigt sich einerseits durch die im Bereich der Schleimhäute der Nasen- sowie Nasennebenhöhlen erhöhte Blutgefäßdichte, sowie andererseits durch Verletzung des in den Gaumen ziehenden Gefäß-Nervenbündels (Arteria und Vena palatina descendens sowie Nervus palatinus major) ein deutlich erhöhtes Blutungspotential.

### **1.5.3 Postoperative Komplikationen**

#### **1.5.3.1 Nervenschädigungen**

Als postoperative Komplikationen der orthognathen Chirurgie sind an erster Stelle die Schädigung von Nerven zu nennen. So kann es, besonders nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers, zu vorübergehenden sowie dauerhaften sensiblen Defiziten im Bereich des Innervationsgebiets des Nervus alveolaris inferior, sehr selten auch des Nervus lingualis und des Nervus infraorbitalis kommen (Panula, Finne et al. 2001). Sehr selten können auch motorische Defizite durch eine Parese des Nervus facialis entstehen, unter anderem bedingt durch postoperative Ödeme oder Hämatome, die zu einer temporären Kompression und somit zu vorübergehenden Funktionsausfällen des Nervs führen können (Hausamen, Machtens et al. 2012).

#### **1.5.3.2 Rezidive**

Des Weiteren kann es im Rahmen der orthognathen Chirurgie zu Rezidiven kommen, wobei man vollständige und unvollständige Rezidive, sowie Früh- und Spätrezidive unterscheidet. Frührezidive entstehen häufig durch Mängel bei der Planung und/oder der technischen Umsetzung der Operation, insbesondere bei Fehlern in der intraoperativen Gelenkpositionierung und der Refixierung der Knochenfragmente. Spätrezidive, manifest innerhalb der ersten ein bis zwei Jahre nach Operation, können Folge eines ungünstig gewählten Operationszeitpunkts vor Abschluss der Wachstumsphase oder einer inkonsequenten postoperativen Nachbehandlung sein (Hausamen, Machtens et al. 2012).

#### **1.5.3.3 Infektionen**

Trotz hoher Komplexität der Eingriffe kommt es nach orthognath-chirurgischen Operationen selten zu Infektionen. Am häufigsten sind dabei Infektionen in den ersten drei postoperativen Monaten, es werden jedoch in seltenen Fällen auch Infektionen nach beinahe fünf Jahren postoperativ beschrieben. Maxilla und Mandibula waren dabei gleich häufig betroffen. Mehrere Faktoren werden bezüglich der Entstehung von postoperativen Infektionen als maßgeblich vermutet, vorrangig das Alter des Patienten, die Dauer des Eingriffs sowie eine prophylaktische Antibiotikagabe (Chow, Singh et al. 2007).

## 1.6 Besondere Bedeutung des intraoperativen Blutverlusts als Komplikation

Wenn auch das Auftreten von Komplikationen in der orthognathen Chirurgie insgesamt als selten und orthognath-chirurgische Eingriffe grundsätzlich als sicher einzustufen sind, kann es dennoch zu schwerwiegenden und interventionsbedürftigen Komplikationen kommen. *Panula, Finne et al.* nennen in einer 655 Patienten umfassenden Studie den intraoperativen Blutverlust als eine der schwerwiegendsten Komplikationen und beschreiben in Einzelfällen Blutverluste von über 4000 Millilitern (*Panula, Finne et al. 2001*).

In Anbetracht des potenziell schwerwiegenden Blutverlusts in der orthognathen Chirurgie kann es daher auch notwendig werden, Blut zu transfundieren. In der Literatur variieren die Angaben zur Häufigkeit dieser Notwendigkeit deutlich, unter anderem beschrieben werden 0,8% (*Moenning, Bussard et al. 1995*) oder 9% (*Salma, Al-Shammari et al. 2017*), sowie 18,3% (*Ervens, Marks et al. 2010*) bis hin zu 24% (*Samman, Cheung et al. 1996*).

Eine Auswertung von 950 Patienten, die sich zwischen 2006 und 2017 am Kepler Universitätsklinikum einem orthognath-chirurgischen Eingriff unterzogen, ergab eine Transfusionsrate von 0,7% (*Rammer 2019*). Ein vergleichbares Ergebnis zeigt sich auch in anderen Studien zu diesem Thema (*Panula, Finne et al. 2001, Faverani, Ramalho-Ferreira et al. 2014, Posnick, Choi et al. 2016*).

Bluttransfusionen können wiederum erneute Komplikationen nach sich ziehen. Unter anderem kann es zu Infektionen durch die Transfusion einer mit Krankheitserregern kontaminierten Blutkonserve kommen, wobei diese Kontamination beim Prozess der Blutspende selbst, der weiteren Verarbeitung oder schlussendlich der Verabreichung verursacht werden kann. Teilweise können auch Erreger bereits im Spenderblut enthalten sein, die zum Zeitpunkt der Spende noch nicht nachgewiesen werden können (*Kretschmer, Gombotz et al. 2008*).

Ebenso möglich sind immunologische Nebenwirkungen, wozu unter anderem hämolytische Transfusionsreaktionen, insbesondere die intravasale Hämolyse im Rahmen einer AB0-Fehltransfusion, als eine der schwerwiegendsten gehören (*Kretschmer, Gombotz et al. 2008*).



Eine weitere zwar selten auftretende, jedoch potenziell lebensbedrohliche immunologische Komplikation, die durch irreguläre leukozytäre Antikörper im Spenderblut ausgelöst werden kann, stellt die transfusionsassoziierte akute Lungeninsuffizienz (TRALI – transfusion associated acute lung injury) dar (Schweisfurth, Sopivnik et al. 2014). Auch allergische Reaktionen bis hin zum anaphylaktischen Schock sind möglich (Sharma, Sharma et al. 2011).

An nichtimmunologischen Nebenwirkungen kann es unter anderem zu einer transfusionsassoziierten Volumenüberlastung (TACO – transfusion associated circulatory overload) kommen, welche anhand des Auftretens von Symptomen eines akuten Lungenödems aufgrund von Kreislaufüberlastung binnen sechs bis zwölf Stunden nach Bluttransfusion definiert wird (Bosboom, Klanderman et al. 2019). Speziell im Zusammenhang mit dauerhaften Substitutionen, etwa bei chronischen Anämien, kann auch eine Hämosiderose auftreten (Kretschmer, Gombotz et al. 2008). Es scheint daher naheliegend, den intraoperativen Blutverlust in der orthognathen Chirurgie möglichst gering zu halten.

## **1.7 Maßnahmen zur Reduktion des intraoperativen Blutverlusts in der orthognathen Chirurgie**

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Studien, in denen verschiedene Maßnahmen untersucht werden, um den intraoperativen Blutverlust bei chirurgischen Eingriffen zu verringern. Im Folgenden soll das Hauptaugenmerk speziell auf die orthognathe Chirurgie gelegt werden. Neben allgemeinen Maßnahmen, wie etwa dem Kauterisieren von blutenden Gefäßen oder dem Legen von Ligaturen, kommen vor allem zwei verschiedene Konzepte zum Einsatz – einerseits der Gebrauch von Hämostatika, andererseits die hypotensive Anästhesie.

### **1.7.1 Hämostatika**

Um den Blutverlust möglichst gering zu halten, können in der orthognathen Chirurgie lokal oder systemisch applizierte Hämostatika eingesetzt werden, unter anderem zum Beispiel Adrenalin, Desmopressin oder Tranexamsäure (Pineiro-Aguilar, Somoza-Martin et al. 2011).

#### **1.7.1.1 Adrenalin**

*De Lange, Baas et. al* haben gezeigt, dass das Katecholamin Adrenalin bei LeFort-I-Osteotomien durch seine starke vasokonstriktorische Wirkung bei lokaler Applikation im Operationsgebiet eine signifikante Reduktion des intraoperativen Blutverlusts verursachen kann. Dieser Effekt wird durch die Bindung an Adrenozeptoren ausgelöst (de Lange, Baas et al. 2008).

#### **1.7.1.2 Desmopressin**

Bei Desmopressin handelt es sich um ein Analogon zu dem natürlich vorkommenden Hormon Vasopressin (Antidiuretisches Hormon), welches die Ausschüttung des von-Willebrand-Faktors, des Faktors XIII sowie von gewebespezifischen Plasminogenaktivatoren aus den vaskulären Endothelzellen verstärkt. Zusätzlich ist es potenziell an einer verbesserten Funktion der Thrombozyten beteiligt (Zellin, Rasmusson et al. 2004). Der Einsatz von Desmopressin kann daher in der orthognathen Chirurgie für einen geringeren intraoperativen Blutverlust von Vorteil sein (Guyuron, Vaughan et al. 1996).

### 1.7.1.3 Tranexamsäure

Bei der Tranexamsäure handelt es sich um ein synthetisches Derivat der Aminosäure Lysin. Ihr hämostatischer Effekt beruht auf einer reversiblen Blockade von Lysinbindungsstellen auf Plasminogen-Molekülen, was eine Umwandlung von Plasminogen zu Plasmin verhindert und somit die Fibrinolyse unterdrückt (Pineiro-Aguilar, Somoza-Martin et al. 2011).

In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass die Anwendung von Tranexamsäure eine signifikante Reduktion des intraoperativen Blutverlusts bewirken kann. Es gibt jedoch unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Frage, ob sich diese Reduktion eher durch intravenöse oder durch topische Applikation erreichen lässt. *Song, Yang et al.* beschreiben in einer Metaanalyse, die vier randomisierte, kontrollierte Studien umfasst, vor allem einen blutsparenden Effekt bei intravenöser Gabe (Song, Yang et al. 2013), während sich bei *Olsen, Skov et al.* bei beiden Anwendungsarten eine signifikante Reduktion des Blutverlusts um etwa ein Drittel zeigte (Olsen, Skov et al. 2016).

### 1.7.2 Hypotensive Anästhesie

Bei der hypotensiven Anästhesie handelt es sich um ein Narkoseverfahren, bei dem eine kontrollierte und vorhersehbare Senkung des arteriellen Mitteldrucks während der Operation auf einen Wert zwischen 50 und 65 Millimeter-Quecksilbersäule (mmHg) angestrebt wird. Durch die sich daraus ergebende geringere Perfusion des Operationsgebiets soll ein niedrigerer intraoperativer Blutverlust erreicht werden (Lin, McKenna et al. 2017). Zur Aufrechterhaltung der hypotensiven Anästhesie können Inhalativa, intravenöse Medikamente oder eine Kombination daraus eingesetzt werden (Lin, Chen et al. 2016).

In einem umfassenden systemischen Review zeigten *Choi et Samman*, dass die hypotensive Anästhesie eine effektive Methode darstellt, um den intraoperativen Blutverlust in der orthognathen Chirurgie zu reduzieren (Choi and Samman 2008). Während die hypotensive Anästhesie zwar als geeignetes Narkoseverfahren bei orthognath-chirurgischen Eingriffen gilt, ist zu bedenken, dass durch die erniedrigte Perfusion von wichtigen Organen, vor allem Gehirn, Herz und Nieren, Komplikationen entstehen können (Barak, Yoav et al. 2015).

Für die kontrollierte, hypotensive Anästhesie spielen auch die eingesetzten Medikamente eine Rolle. So zeigte sich, dass beispielsweise der Einsatz von Remifentanil mit einer höheren Reduktion des intraoperativen Blutverlusts einhergeht als Fentanyl (Matsuura, Okamura et al. 2017). Auch gegenüber Propofol zeigte sich bei Remifentanil ein statistisch signifikant geringerer Blutverlust (Eshghpour, Samieirad et al. 2018). Bei den Inhalativa zeigte sich, dass Desfluran im Vergleich zu Sevofluran zu einem geringeren Blutverlust beitragen könnte (Rossi, Falzetti et al. 2010).

## 1.8 Einfluss der Patientenlagerung auf den intraoperativen Blutverlust

In der Literatur finden sich einige Beispiele unterschiedlicher Fachrichtungen, die den Einfluss der Lagerung von Patienten auf den intraoperativen Blutverlust sowie weitere Parameter zu verschiedenen Zwecken untersuchen und einsetzen. Der Einfluss der Lagerung liegt hier in physiologischen Prozessen begründet. So kann etwa ein Anheben des Operationsgebiets über Herzniveau zu einem erniedrigten venösen Rückstrom sowie zu einer als venöses Pooling bezeichneten vermehrten Volumensverlagerung in die Gefäße der unteren Extremitäten führen, und somit einen erniedrigten kardialen Auswurf zur Folge haben. Dies wiederum führt zu einem erniedrigten Blutdruck und einem geringeren Perfusionsdruck in dem zu operierenden Gebiet, was mitunter zu einem niedrigerem intraoperativen Blutverlust beitragen kann (Ozkose, Baykan et al. 2016).

So etwa untersuchten Studien aus dem Gebiet der Neurochirurgie den Einfluss einer Anti-Trendelenburg-Lagerung auf den intrakraniellen Hirndruck. Bei dieser Lagerung wird der Patient in der Sagittalebene gekippt, sodass die obere Körperhälfte und der Kopf erhöht, die untere Körperhälfte sowie die Beine im selben Ausmaß erniedrigt gelagert werden (siehe Abbildung 1).

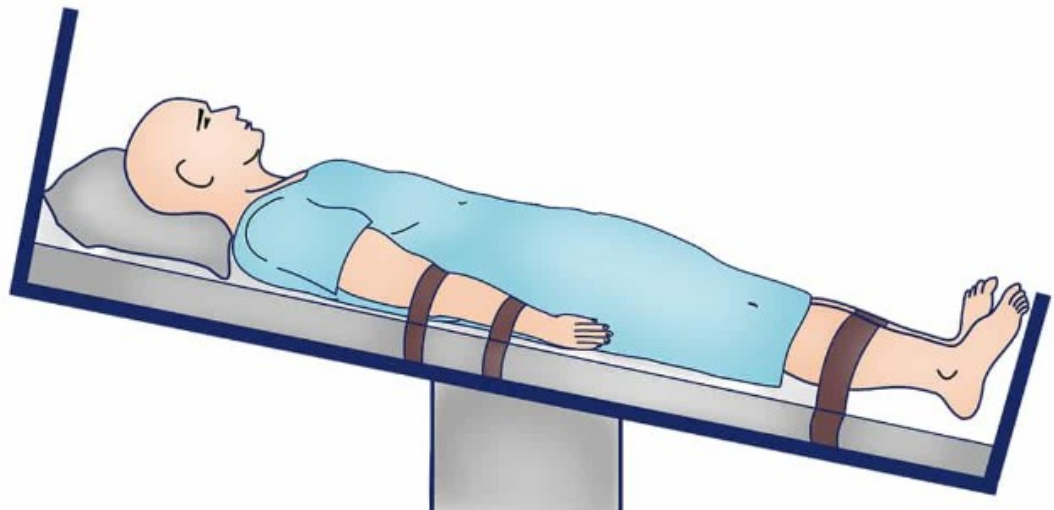


Abbildung 1: Graphische Darstellung der Anti-Trendelenburg-Lagerung.

Quelle: <https://www.hospitalbedscn.com/news-posts/put-a-patient-in-reverse-trendelenburg-position/>  
(abgerufen am 01.11.2022)

Das Ausmaß der Lagerung kann in Grad gemessen werden, wobei 0° eine flache Lagerung des Patienten in der Horizontalen, und 90° einen aufrecht stehenden Patienten beschreiben würde. So zeigte sich für eine Anti-Trendelenburg-Lagerung von 10° der Effekt, den intrakraniellen Hirndruck bei Kraniotomien zu senken und somit das Risiko schwerwiegender Komplikationen begrenzen zu können (Rolighed Larsen, Haure et al. 2002).

In der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde etwa konnte beim häufig durchgeführten Eingriff „Rhinoplastie“ gezeigt werden, dass eine Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15° zu einem signifikant geringerem intraoperativen Blutverlust führt, und die Chirurgen sogar höhere subjektive Zufriedenheitswerte berichteten (Ozkose, Baykan et al. 2016).

Auch bei der endoskopischen Sinuschirurgie zeigten sich signifikante Unterschiede in Bezug auf den intraoperativen Blutverlust. So kam es in einer Studie von 2008 bei Patienten, die in einer Anti-Trendelenburg-Lagerung von 10° operiert wurden, zu einem deutlich geringeren Blutverlust als bei Patienten, bei denen der Eingriff in Rückenlage durchgeführt wurde (Ko, Chuang et al. 2008). *Gan, Habib et al.* verglichen Patienten, die in einer Anti-Trendelenburg-Lagerung von 5°, 10° sowie 20° operiert wurden und kamen zu dem Ergebnis, dass eine Lagerung von 20° den Blutverlust am deutlichsten verringert und dabei dem Chirurgen bei der endoskopischen Sinuschirurgie einen optimalen Blick auf das Operationsgebiet ermöglicht (Gan, Habib et al. 2014).

Speziell in der orthognathen Chirurgie gibt es nach eingehender Literaturrecherche jedoch keine Arbeiten, die sich mit dem Thema der Oberkörperhochlagerung zur Verringerung des intraoperativen Blutverlusts beschäftigen.

## **1.9 Ziel dieser Arbeit**

Diese Arbeit untersuchte den möglichen Einfluss einer 15°-Anti-Trendelenburg-Lagerung auf den intraoperativen Blutverlust in der orthognathen Chirurgie.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Die Studie wurde als prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie entworfen. Mittels der vorhandenen Literatur wurde eine Fallzahlschätzung im Sinne einer Poweranalyse durchgeführt, die eine notwendige Studiengröße von insgesamt 80 Patienten ergab (siehe auch 2.6 Statistische Analyse). Es wurde eine Kontrollgruppe und eine Verumgruppe gebildet. In der Kontrollgruppe wurden die Patienten in 0°-Lagerung operiert, in der Verumgruppe in Anti-Trendelenburg-Lagerung mit 15° erhöhtem Oberkörper. In jede der beiden Gruppen wurden 40 Patienten eingeschlossen. Die Rekrutierung erfolgte konsekutiv, die Zuteilung zur jeweiligen Gruppe erfolgte randomisiert mittels „sealed-envelope“ Technik.

#### **2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien**

Studienzeitraum war von Jänner 2018 bis September 2020. Patienten im Alter von 14 bis 90 Jahren, bei denen in diesem Zeitraum an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Kepler Universitätsklinikums Linz eine bignathe Umstellungsosteotomie im Sinne einer einteiligen LeFort-I-Osteotomie in Kombination mit einer bilateralen sagittalen Spaltosteotomie durchgeführt wurde, wurden in die Studie eingeschlossen, wenn sie und/oder gegebenenfalls auch ihre gesetzlichen Vertreter, ihre Einwilligung gaben und keine Ausschlusskriterien vorlagen.

Ausgeschlossen wurden Patienten, die an Gerinnungsstörungen oder Anämien litten, außerdem Patienten, bei denen Missbildungen im Bereich der kraniofazialen Blutgefäße bestanden. Patienten mit voroperierten Lippen-Kiefer-Gaumenspalten wurden ebenso nicht in die Studie eingeschlossen. Weiters ausgeschlossen wurden Patienten, bei denen eine mehrteilige LeFort-I-Osteotomie durchgeführt wurde, oder die bignathe Umstellungsosteotomie durch weitere Osteotomien, wie zum Beispiel einer Kinnosteotomie, ergänzt wurde.



### **2.1.2 Ethikkommission und Aufklärung**

Die Studie wurde von der Ethikkommission des Landes Oberösterreich (Studie Nr. D-48-17) und der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München (Projektnummer 17-854) als ethisch-rechtlich unbedenklich eingestuft. Weiters wurde die Studie im Deutschen Register Klinischer Studien (DRKS-ID DRKS00013348), sowie im Register der Weltgesundheitsorganisation (Universal Trial Number U1111-1205-2178) registriert.

Die Teilnehmer der Studie, und gegebenenfalls deren gesetzliche Vertreter, wurden mithilfe einer Patientenaufklärung und Einwilligungserklärung umfassend aufgeklärt und willigten durch Unterschrift in die Teilnahme an der Studie ein.

## 2.2 Operation und Anästhesie

Alle Eingriffe wurden von erfahrenen Fachärzten der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (MKG) des Kepler Universitätsklinikums (KUK) Linz durchgeführt. Ebenso handelte es sich bei allen Anästhesisten um erfahrene Fachärzte. Die Operationen wurden alleinig in den OP-Sälen des KUK Linz durchgeführt, die perioperative Planung unterstand der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des KUK Linz unter der Leitung von Primar Dr. med. univ. Dr. med. dent. Michael Malek. Die Eingriffe wurden wie in Kapitel 1.4 erläutert durchgeführt.

Nach Transport in den Operationssaal wurden die Patienten dann, entsprechend der Zuteilung in Kontroll- oder Verumgruppe, in die jeweilige Lagerung gebracht. Für die 0°-Lagerung wurden die Patienten flach in Rückenlage auf dem Operationstisch positioniert. Der Kopf wurde dabei in eine Kopfschale gelegt, die Patienten mittels Gurten fixiert und ein Arm zum Management der Narkose durch den Anästhesisten seitlich vom Körper gestreckt auf einer Armstütze gelagert.

Für die Anti-Trendelenburg-Lagerung wurden die Patienten in gleicher Weise auf dem Operationstisch gelagert, welcher anschließend unter Zuhilfenahme eines digitalen Neigungsmessers in die entsprechende 15°-Lagerung gebracht wurde. Da es durch diese Lagerung zu einer erhöhten Position des Kopfes kommt, wurde je nach Größe und Präferenz des Operateurs eine Stufe als Erhöhung für den Operateur bereitgestellt, um eine bestmögliche Arbeitsposition zu gewährleisten.

Die Überwachung während der Operation erfolgte gemäß den Leitlinien und den Standard Operating Procedures (SOP) der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin.

Bei allen Patienten wurde eine totale intravenöse Anästhesie (TIVA) durchgeführt, welche mittels Propofol (Propofol „Fresenius“ 1% <sup>®</sup>, Fresenius Kabi Austria GmbH, Graz, Österreich), Remifentanil (Ultiva <sup>®</sup>, GlaxoSmithKline Pharma GmbH, Wien, Österreich) und Rocuroniumbromid (Esmeron <sup>®</sup>, MSD SHARP & DOHME GMBH, München, Deutschland) eingeleitet wurde. Nach nasaler Intubation wurden die Patienten unter standardisierten Bedingungen unter Gewährleistung einer Normokapnie (endtidales CO<sub>2</sub>-Ziel 35 – 40 mmHg) beatmet.

Narkose und Analgesie wurden perioperativ durch fortlaufende intravenöse Applikation von Propofol und Remifentanil über Spritzenpumpen aufrechterhalten.

Für Propofol wurde hierzu eine Target-Controlled-Infusion-Motorspritze (Alaris®PK, Becton Dickinson Austria GmbH, Wien, Österreich) verwendet, Remifentanyl wurde mittels herkömmlicher Motorspritze (Alaris®GH, Becton Dickinson Austria GmbH, Wien, Österreich) verabreicht.

In beiden Gruppen wurde ein arterieller Mitteldruck (MAP, mean arterial pressure) von 65 – 70 mmHg aufrechterhalten. Mögliche Blutdruckspitzen, die im Rahmen der Operation auftreten können, wie zum Beispiel bei der Down Fracture des Oberkiefers, wurden durch eine Vertiefung der Narkose ausgeglichen.

In beiden Gruppen erfolgte keine standardmäßige intravenöse Gabe gerinnungsunterstützender oder antifibrinolytischer Arzneimittel. Nach Ermessen des Anästhesisten erfolgte abhängig von den intraoperativen Blutdruckwerten ein Ausgleich von akuten Blutverlusten mittels kristalloider Lösung (ELO-MEL® isoton, Fresenius Kabi Austria GmbH, Graz, Österreich). Bei Bedarf wurden zusätzlich Hydroxyethylstärke (HES 6 Prozent, MW 130.000 Voluven®, Fresenius SE & Co. KGaA, Bad Homburg, Deutschland) oder succinylierte Gelatine 40 mg/ml (Gelofusion Iso®, B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) verwendet.

Die Indikation zur Gabe von Erythrozytenkonzentraten wurde anhand der aktuellen Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten der Bundesärztekammer (BÄK) gestellt; bei einem Hämoglobinwert von unter 6 g/dl wurden immer, bei über 10 g/dl wurden nie Erythrozytenkonzentrate verabreicht. Bei Werten zwischen 6 und 10 g/dl wurde durch den zuständigen Anästhesisten je nach zu erwartendem Blutverlust und Anzeichen einer anämischen Hypoxie, zum Beispiel Tachykardie, Hypertonie, Laktatazidose oder elektrokardiographischen Ischämiezeichen, die Indikation zur Bluttransfusion gestellt.

Postoperativ wurden die Patienten nach Extubation in einen Aufwachraum verlegt, in dem sie klinisch, unterstützt durch das übliche Monitoring der Vitalparameter, bis zur Verlegung auf die Normalstation überwacht wurden. Die weitere postoperative Betreuung auf Station erfolgte gemäß den SOP der Klinik.

## 2.3 Erhebung des Blutverlusts

Vor jeder Operation wurde ein neuer, leerer Saugerbehälter (VacSax BactiClear® 2000ml, VacSax Limited, Plymouth, Großbritannien) bereitgestellt. Weiters wurden standardmäßig 200 Milliliter Aqua (Ampuwa®, Fresenius SE & Co. KGaA, Bad Homburg, Deutschland), 100 Milliliter Natriumchlorid-Lösung (NaCl 0,9% Fresenius Spüllösung, Fresenius SE & Co. KGaA, Bad Homburg, Deutschland) sowie zwei Beutel Spülflüssigkeit (freeflex® 500ml, Fresenius SE & Co. KGaA, Bad Homburg, Deutschland) durch die Operationsassistenten am Tisch bereitgestellt und bei Bedarf während der Operation durch weitere, neue Beutel ergänzt.

Während der Operation wurde sowohl das vom Patienten verlorene Blut als auch die verwendete Spülflüssigkeit eingesaugt, außerdem nach Operationsende die bereits vor OP-Beginn bereitgestellten Flüssigkeiten am Tisch. Ebenso wurden alle verwendeten Tupfer (Setpack® 10x10 cm, Lohmann & Rauscher GmbH, Schönau, Österreich) beiseitegelegt und gewogen. Das Gewicht der sich in den Tupfern befindenden Flüssigkeiten ergab sich somit aus der Differenz des postoperativen Gesamtgewichts der Tupfer sowie deren bekanntem Eigengewicht.

Ebenso erfolgte postoperativ die Bestimmung des Gesamtgewichts des verwendeten Saugerbehälters sowie die Ermittlung des Gewichts aller verwendeten Spülflüssigkeitsbeutel ohne Infusionsbesteck. Die verbrauchte Spülflüssigkeit ergab sich aus der Differenz des Gewichts der verwendeten Spülflüssigkeitsbeutel postoperativ zu präoperativ.

So konnte der intraoperative Blutverlust abschließend mittels nachfolgender Formel ermittelt werden:  $(\text{Gesamtgewicht Saugerbehälter} + \text{Gesamtgewicht Tupfer}) - (\text{Eigengewicht Saugerbehälter} + \text{Eigengewicht Tupfer}) - \text{bereitgestellte Flüssigkeit am Tisch} - \text{verbrauchte Spülflüssigkeit} = \text{intraoperativer Blutverlust}$ . Die Dichte von menschlichem Blut sowie von Wasser wurde mit  $1 \text{ g/cm}^3$  angenommen, wodurch ein Gramm Flüssigkeit einem Milliliter Blutverlust entspricht.

## 2.4 Erhobene Parameter

Die Erhebung und Auswertung der Daten erfolgte auf den Servern des Kepler Universitätsklinikums Linz. Ausgewertet wurden, neben dem exakten Blutverlust, Operationsberichte, Narkose- und Anästhesieprotokolle, pflegerische Fieberkurven sowie prä- und postoperative Laborbefunde.

Die Abnahme des präoperativen Labors erfolgte ein bis zwei Tage vor Operation. Bestimmt wurde dabei ein Blutbild bestehend aus Leukozytenzahl, Thrombozytenzahl, Hämoglobinkonzentration und Hämatokrit, Erythrozyteneinzelvolumen (MCV), mittlerem korpuskulärem Hämoglobin (MCH) sowie mittlerer korpuskulärer Hämoglobinkonzentration (MCHC) und Erythrozytenverteilungsbreite (RDW). Des Weiteren wurden im Differentialblutbild folgende Parameter in absoluten und in relativen Werten bestimmt: neutrophile, eosinophile und basophile Granulozyten, Lymphozyten, Monozyten, und unreife myeloische Zellen. An Gerinnungsparametern wurden der Quick-Wert und die aktivierte partielle Thromboplastinzeit (aPTT) bestimmt, außerdem Natrium, Kalium, Chlorid, Kalzium, Blutharnstoff-Stickstoff (BUN), Kreatinin und die glomeruläre Filtrationsrate (GFR).

Das postoperative Labor erfolgte ein bis zwei Tage nach dem Eingriff, es wurden dabei ebenfalls die oben angeführten Werte bestimmt.

Weitere erhobene Parameter waren Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Body-Mass-Index (BMI), ASA-Score, Operationsdauer (in Minuten, definiert als Zeit von erstem Hautschnitt bis zur letzten Hautnaht), Anästhesiedauer (in Minuten, definiert als Zeit vom Beginn der Narkoseeinleitung bis zur Extubation) sowie die Krankenhausaufenthaltsdauer in Tagen. Zusätzlich wurde die subjektive Einschätzung des Chirurgen bezüglich Einsehbarkeit ins Operationsgebiet sowie Blutverlust jeweils im Schulnotensystem von 1 bis 5 erhoben. Eine Note von 1 entsprach dabei bestmöglicher Sicht und einem subjektiv als sehr gering eingeschätztem Blutverlust, eine Note von 5 hingegen bedeutete schlechtestmögliche Einsehbarkeit sowie ein subjektiv als sehr hoch empfundener intraoperativer Blutverlust.

## **2.5 Haupt- und Nebenzielgrößen**

Festgelegte Hauptzielgröße war der intraoperative Blutverlust. Nebenzielgrößen waren die Operations- sowie Anästhesiedauer, die Menge an transfundiertem Fremdblut sowie mögliche intraoperative Komplikationen, die Krankenhausaufenthaltsdauer, die subjektive Einschätzung der Einsehbarkeit ins Operationsgebiet und des Blutverlusts, sowie die postoperativen Laborwerte.

## 2.6 Statistische Analyse

Die Fallzahlschätzung erfolgte mit dem Programm G\*Power (Version 3.1.9.2., ©Buchner, Erdfelder, Faul, Lang, 2014). Mittels der vorhandenen Literatur wurde eine Effektstärke von 0,7 abgeleitet. Das Signifikanzniveau Alpha wurde mit 0,05 und die Power mit 0,85 definiert.

Die Berechnung des BMI erfolgte anhand der Formel  $\text{Gewicht (in Kilogramm)}/\text{Größe (in Meter)}^2$ . Die statistische Analyse und Auswertung der Daten sowie die Erstellung der Diagramme erfolgte unter Zuhilfenahme von Microsoft Excel (Version 16.0.4266.1001 64-Bit) und des Programms RStudio (Version 1.3.1093, © 2009-2020 RStudio, PBC). Es kamen dabei die Packages „stats“ (RCore 2017), „dplyr“ (Wickham, François et al. 2022) und „ggplot2“ (Wickham 2016) zur Anwendung. Um zu testen, ob eine Normalverteilung vorliegt, wurde für alle Variablen der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Da diese nur bei etwa 50% der Fälle und insgesamt eine eher geringere Fallzahl vorlag, kam für ordinal oder höherskalierte Variablen der Mann-Whitney-U-Test zur Anwendung, um zu prüfen, ob sich Kontroll- und Interventionsgruppe bezüglich der verschiedenen Parameter statistisch signifikant unterscheiden haben. Für kategoriale Variablen wurde der exakte Test nach Fisher angewandt. Für alle Auswertungen wurde das Signifikanzniveau mit  $P < 0,05$  definiert und bei allen Bestimmungen ein zweiseitiger Test angewandt.

### 3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Messwerte in Form von Boxplots dargestellt. In jeder Graphik werden links die Ergebnisse der Kontrollgruppe (0°-Lagerung) und rechts die Ergebnisse der Interventionsgruppe (15°-Lagerung) gezeigt. Jeder Boxplot ist identisch aufgebaut: eine dicke Linie innerhalb der eingerauten Fläche der Box stellt den Median dar, während die untere und die obere Begrenzung der Box jeweils das erste sowie das dritte Quartil abbilden. Die Länge der Box umfasst somit den Interquartilsabstand. Die angrenzenden Antennen sind in ihrer Länge durch Messwerte definiert, die maximal den anderthalbfachen Interquartilsabstand haben. Die Querstriche (sogenannte „Whisker“) zeigen hierbei den letzten Messwert innerhalb dieses Bereichs an. Messwerte, die außerhalb der Grenze des anderthalbfachen Interquartilsabstands liegen, werden als Ausreißer kategorisiert, und jeder dieser Werte wird durch einen leeren Kreis dargestellt. Die Y-Achse ist mit der dazugehörigen Einheit beschriftet und passend skaliert, die dargestellte Variable ist durch den Titel der Graphik ersichtlich. Durch einen dem Titel nachgestellten Stern (\*) werden Variablen markiert, deren Werte der Kontroll- und Interventionsgruppe einen statistisch signifikanten Unterschied aufweisen ( $P < 0,05$ ).

In den nachfolgenden Tabellen sind die Variablen mit den jeweiligen Werten der Kontrollgruppe (0°-Lagerung) sowie der Interventionsgruppe (15°-Lagerung) dargestellt. Wenn nicht anders angegeben zeigen die Tabellen den Median und in Klammern den dazugehörigen Interquartilsabstand Q1 bis Q3. Wiederum werden mithilfe eines Sterns (\*) Werte markiert, bei denen ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe festgestellt wurde.

Da einer Patientin seitens der Anästhesie intraoperativ zwei Gramm Tranexamsäure (Cyklocapron®, Pfizer Pharma PFE GmbH, Berlin, Deutschland) verabreicht wurden, wurde diese aus der Studie ausgeschlossen. Insgesamt wurden somit die Daten von 79 Patienten untersucht und ausgewertet (40 Patienten in 0°-Lagerung, 39 Patienten in 15°-Lagerung).



### 3.1 Allgemeine Parameter

Das Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten betrug in der Kontrollgruppe (0°-Lagerung) 11:29, in der Interventionsgruppe (15°-Lagerung) 17:22. Der Median des Alters zum Zeitpunkt der Operation betrug in der Kontrollgruppe 24 Jahre (Minimum 16 Maximum 56), in der Interventionsgruppe 20 Jahre (Minimum 16 Maximum 53). Bezüglich BMI der Patienten lag der Median in der Kontrollgruppe bei 22,2 (Minimum 16,7 Maximum 45,3) und in der Interventionsgruppe bei 22,6 (Minimum 17,7 Maximum 33,6). Bei keinem dieser Parameter konnte ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Abbildung 2 (unten) zeigt das Alter sowie den BMI zum Zeitpunkt der Operation in einer graphischen Darstellung.

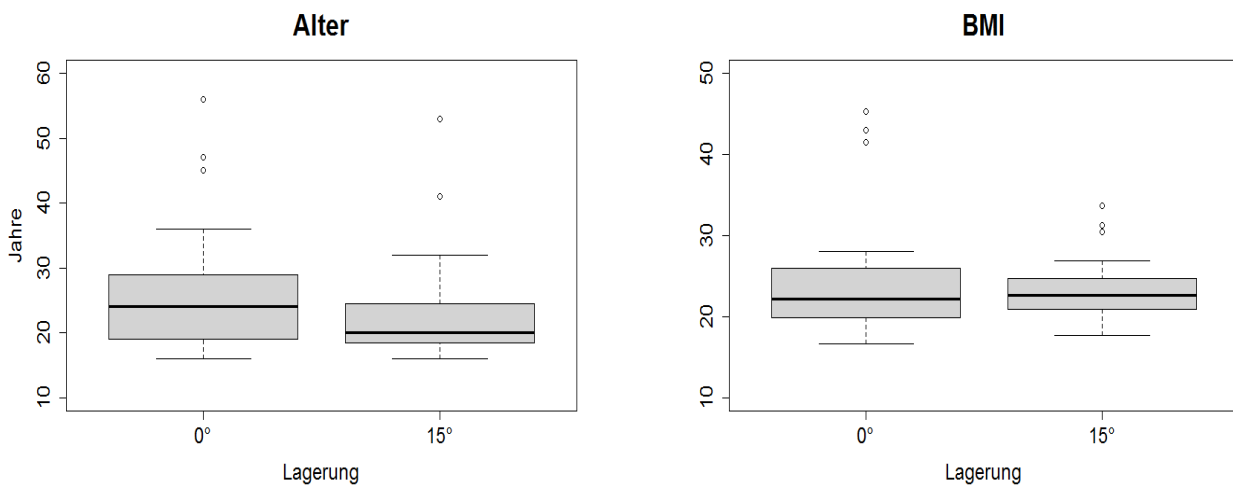


Abbildung 2: Graphische Darstellung des Alters (Jahre) sowie des BMI zum Zeitpunkt der Operation.

Der ASA-Status zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede der beiden Gruppen. In der Kontrollgruppe zeigten sich 32 Patienten mit einem ASA-Status I, sowie acht Patienten mit einem ASA-Status II. In der Interventionsgruppe zeigten sich 35 Patienten mit einem ASA-Status I, sowie vier Patienten mit einem ASA-Status II.

**Tabelle 1: Allgemeine Parameter**

<b>Variable</b>	<b>0°-Lagerung (n=40)</b>	<b>15°-Lagerung (n=39)</b>
Männlich/Weiblich†	11:29	17:22
Alter (Jahre)	24 (19 – 29)	20 (18 – 25)
BMI	22,2 (20,0 – 25,8)	22,6 (20,9 – 24,7)
ASA-Status (I:II)†	32:8	35:4

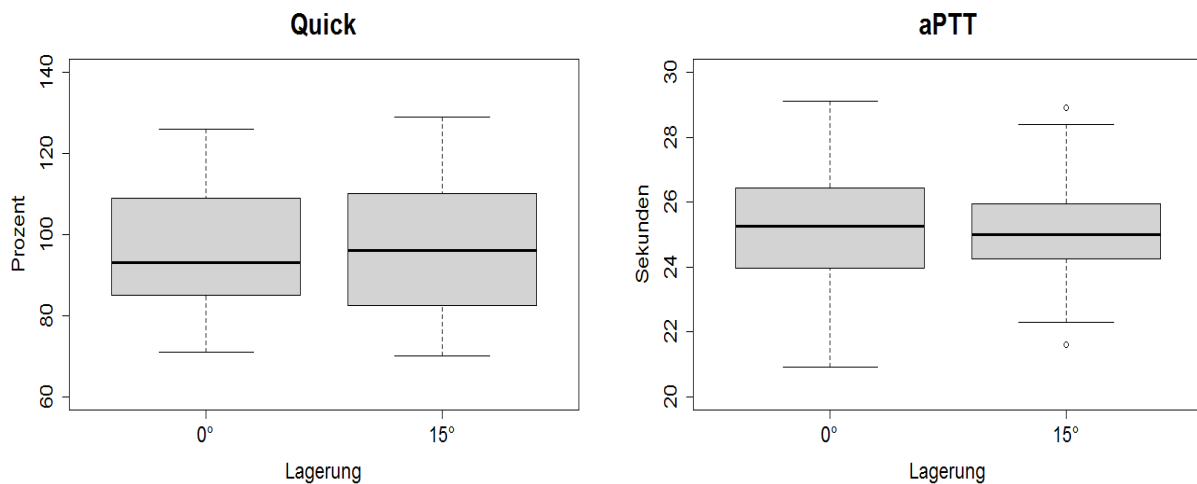
† Werte stellen die absolute Verteilung dar.

Wenn nicht anders vermerkt, handelt es sich bei den angegebenen Werten um den Median sowie in Klammern um den Interquartilsabstand Q1 bis Q3.

## 3.2 Präoperatives Labor

Im präoperativen Labor zeigten sich beim einfachen Blutbild keine statistisch signifikanten Unterschiede. Abbildung 4 auf Seite 31 zeigt eine Darstellung der wichtigsten Messwerte.

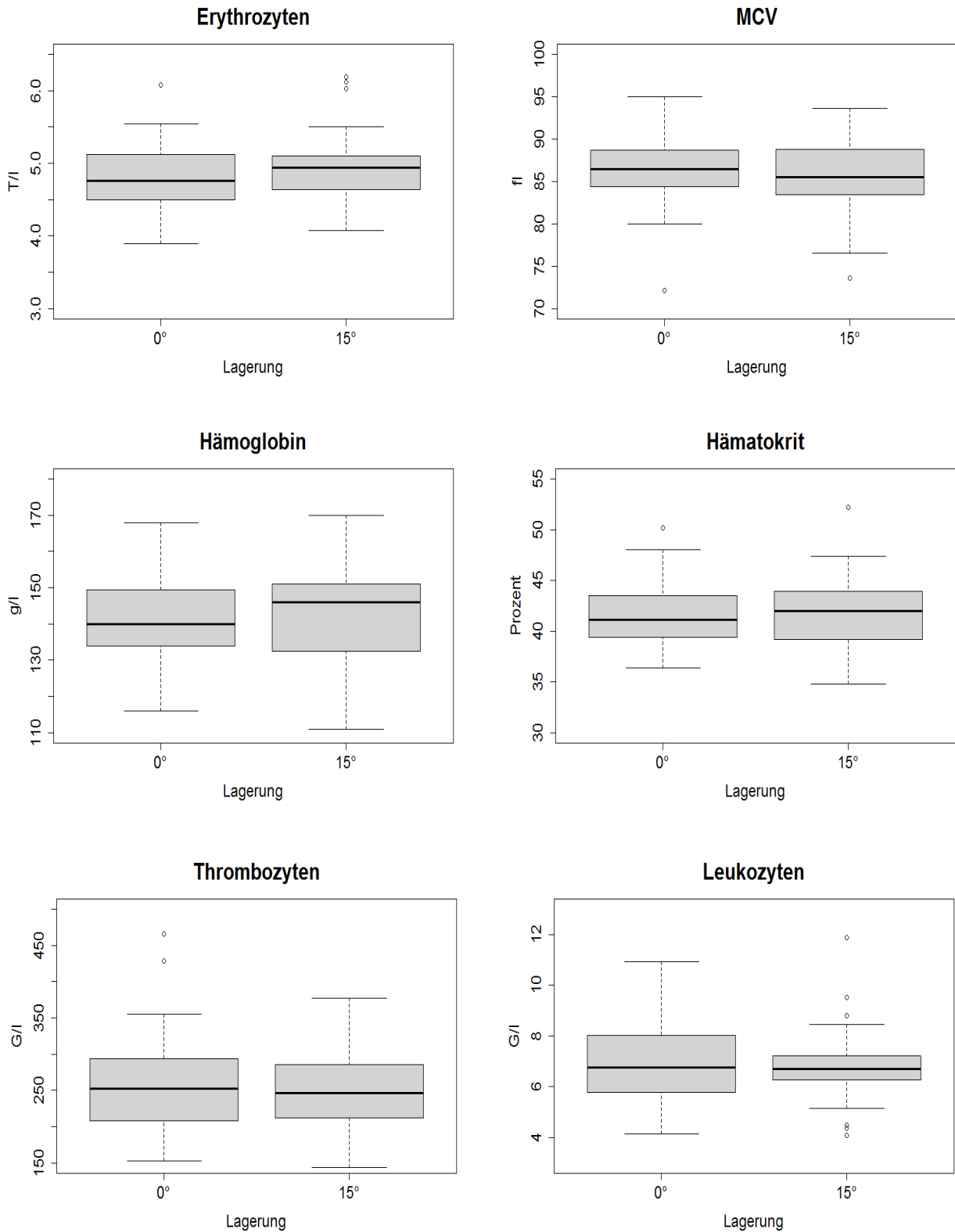
Im relativen Differentialblutbild konnte einzig bei den Lymphozyten ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Der Median in der Kontrollgruppe lag bei 33,0% (Minimum 16,7 Maximum 53,1), in der Interventionsgruppe bei 27,2% (Minimum 13,6 Maximum 48,2). Bei den Gerinnungsparametern unterschieden sich die Gruppen nicht statistisch signifikant voneinander. Abbildung 3 zeigt eine graphische Darstellung des Quick-Werts sowie der aPTT-Zeit.



**Abbildung 3: Graphische Darstellung der präoperativen Gerinnungsparameter.**

Die Abbildungen zeigen die Messwerte für Quick-Wert (Prozent) und aPTT (Sekunden).

Im Ionogramm zeigte sich beim Kalium ein statistisch signifikanter Unterschied. Bei der Kontrollgruppe ergab sich ein Median von 3,8 mmol/l (Minimum 3,34 Maximum 4,41), in der Interventionsgruppe ein Median von 4,0 mmol/l (Minimum 3,3 Maximum 4,78).



**Abbildung 4: Graphische Darstellung ausgesuchter präoperativer Laborparameter des einfachen Blutbilds.**

Die oberen Boxplots zeigen die Messwerte für Erythrozyten (T/l) sowie MCV (fl). In den mittleren Boxplots werden Hämoglobin (g/l) und Hämatokrit (Prozent) dargestellt, in den unteren Thrombozyten (G/l) und Leukozyten (G/l).

**Tabelle 2: Präoperative Laborparameter**

Variable	0°-Lagerung (n=40)	15°-Lagerung (n=39)
<b>Einfaches Blutbild</b>		
Erythrozyten (T/l)	4,8 (4,5 – 5,1)	4,9 (4,6 – 5,1)
Hämoglobin (g/l)	140,0 (134,0 – 149,3)	146,0 (132,5 – 151,0)
Hämatokrit (Prozent)	41,2 (39,4 – 43,4)	42,0 (39,2 – 43,9)
Thrombozyten (G/l)	252,0 (209,3 – 294,0)	246,0 (212,5 – 285,5)
MCV (fl)	86,5 (84,4 – 88,7)	85,5 (83,5 – 88,8)
MCH (pg/dl)	29,6 (29,0 – 30,3)	29,6 (28,2 – 30,5)
MCHC (g/dl)	34,0 (33,6 – 34,7)	33,9 (33,3 – 34,9)
Leukozyten (G/l)	6,8 (5,8 – 8,0)	6,7 (6,3 – 7,2)
<b>Differentialblutbild (Prozent)</b>		
Segmentkernige neutrophile Granulozyten	57,0 (53,5 – 64,0)	61,5 (55,4 – 65,3)
Lymphozyten*	33,0 (27,4 – 36,6)*	27,2 (24,5 – 32,2)*
Monozyten	6,7 (5,5 – 7,8)	7,2 (6,1 – 8,4)
Eosinophile Granulozyten	1,7 (1,3 – 2,5)	1,9 (1,1 – 3,0)
Basophile Granulozyten	0,5 (0,3 – 0,7)	0,6 (0,4 – 0,7)
<b>Gerinnung</b>		
Quick (Prozent)	93,0 (86,0 – 108,5)	96,0 (82,5 – 110,0)
aPTT (Sekunden)	25,3 (24,0 – 26,4)	25,0 (24,3 – 26,0)
<b>Ionogramm</b>		
Natrium (mmol/l)	139,0 (137,0 – 140,3)	139,0 (138,0 – 140,5)
Kalium (mmol/l)**	3,8 (3,6 – 4,0)**	4,0 (3,8 – 4,3)**
Calcium (mmol/l)	2,4 (2,3 – 2,4)	2,4 (2,3 – 2,5)
Chlorid (mmol/l)	101,6 (100,1 – 103,1)	102,5 (100,7 – 104,9)
Kreatinin (mg/dl)	0,9 (0,8 – 1,0)	0,9 (0,8 – 1,0)

\**P=0,0430*\*\**P=0,0081*

Wenn nicht anders vermerkt, handelt es sich bei den angegebenen Werten um den Median sowie in Klammern um den Interquartilsabstand Q1 bis Q3.

### 3.3 Operative Daten

Der intraoperative Blutverlust stellte die Hauptzielgröße dieser Studie dar. Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dabei ergab sich für die Kontrollgruppe in 0°-Lagerung ein Median von 542,5 Milliliter (Minimum 207,0 Maximum 1083,0), für die Interventionsgruppe in 15°-Lagerung ein Median von 427,0 Milliliter (Minimum 161,0 Maximum 1104,0). Dies entspricht einer Reduktion des Blutverlusts um 21,3%. Der intraoperative Blutverlust wird in Abbildung 5 (unten) graphisch dargestellt.

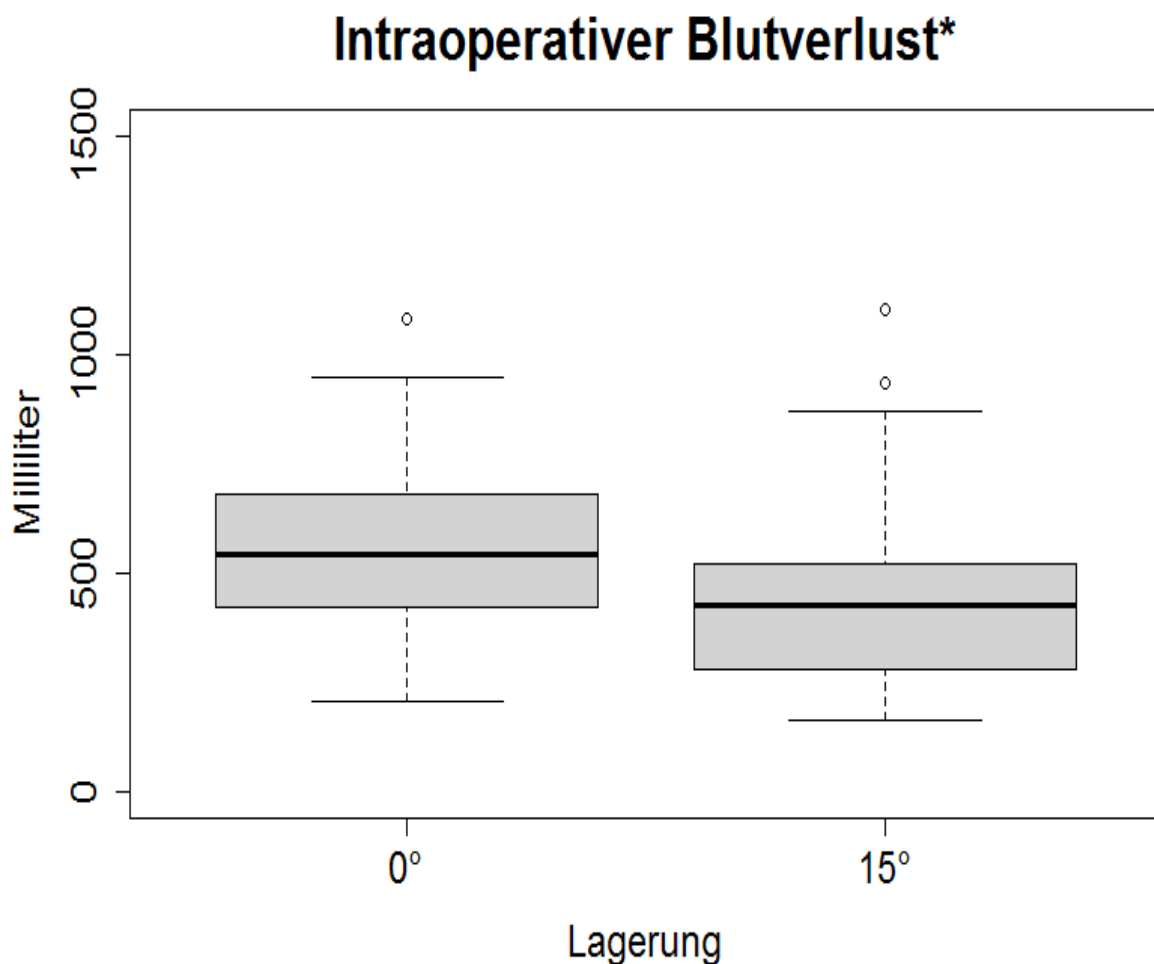
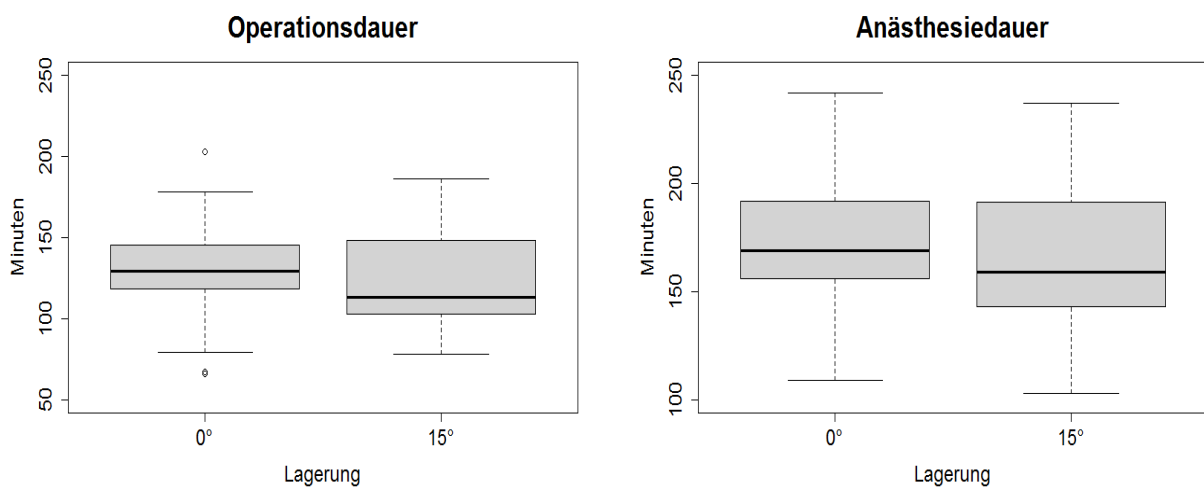


Abbildung 5: Graphische Darstellung der Hauptzielgröße „Intraoperativer Blutverlust (ml)“.

\*P=0,0033

In Bezug auf die Operationsdauer lag der Median für die Kontrollgruppe bei 129,0 Minuten (Minimum 66,0 Maximum 203,0) und für die Interventionsgruppe bei 113,0 Minuten (Minimum 78,0 Maximum 186,0). Die Gruppen wiesen diesbezüglich keinen statistisch signifikanten Unterschied auf. Ebenso bei der Anästhesiedauer konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dabei ergab sich für die Kontrollgruppe ein Median von 169,0 Minuten (Minimum 109,0 Maximum 249,0), für die Interventionsgruppe ein Median von 159,0 Minuten (Minimum 103,0 Maximum 237,0). Abbildung 6 (unten) zeigt diese Variablen in einer graphischen Darstellung.



**Abbildung 6: Graphische Darstellung der Operations- und Anästhesiedauer (min).**

Die Krankenhausaufenthaltsdauer wies bei beiden Gruppen einen Median von 8,0 Tagen (Minimum 6,0 Maximum 9,0) auf. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte nicht festgestellt werden.

Ein „bad split“ ereignete sich bei keinem der Probanden. Weiters wurde bei keinem Probanden Fremdblut transfundiert.

**Tabelle 3: Operationsbezogene Parameter**

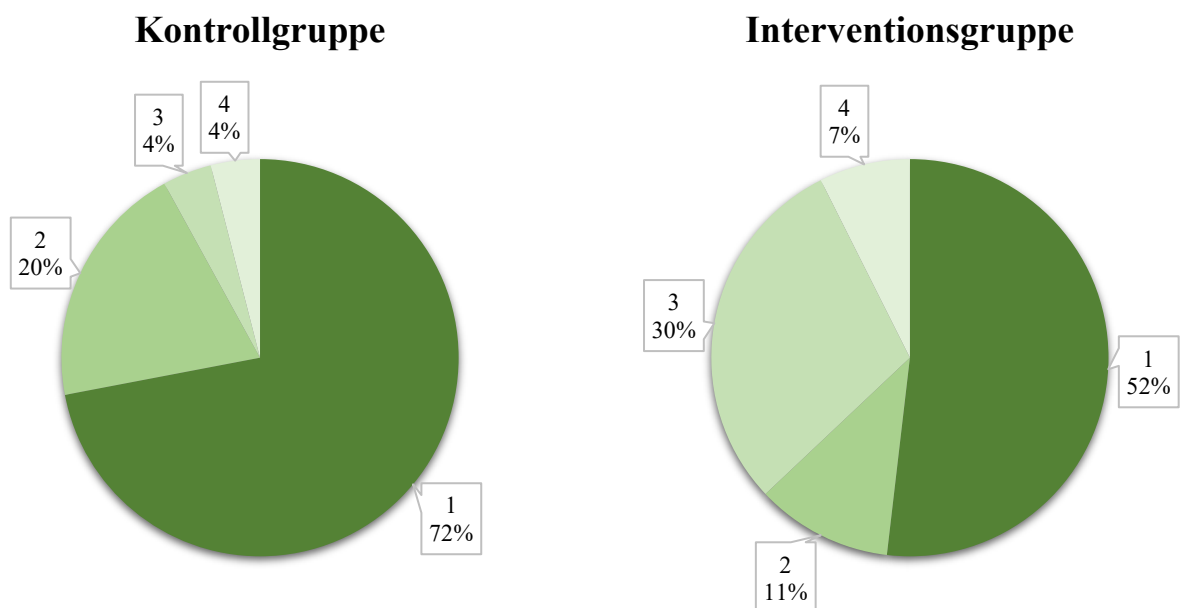
Variable	0°-Lagerung (n=40)	15°-Lagerung (n=39)
Blutverlust (ml)*	542,5 (423,8 – 681,3)*	427,0 (279,5 – 519,5)*
Operationsdauer (Minuten)	129,0 (118,9 – 144,8)	113,0 (102,5 – 148,5)
Anästhesiedauer (Minuten)	169,0 (156,5 – 191,5)	159,0 (143,0 – 191,5)
Krankenhausaufenthaltsdauer (Tage)	8,0 (7,0 – 8,0)	8,0 (7,0 – 8,0)
Fremdbluttransfusionen	0	0

\*P=0,0033

Wenn nicht anders vermerkt, handelt es sich bei den angegebenen Werten um den Median sowie in Klammern den Interquartilsabstand Q1 bis Q3.

Ebenso wurde im Schulnotensystem die subjektive Einschätzung des jeweiligen Chirurgen bezüglich Einsehbarkeit und Zugänglichkeit des Operationsgebiets sowie der Menge des intraoperativen Blutverlusts erfasst.

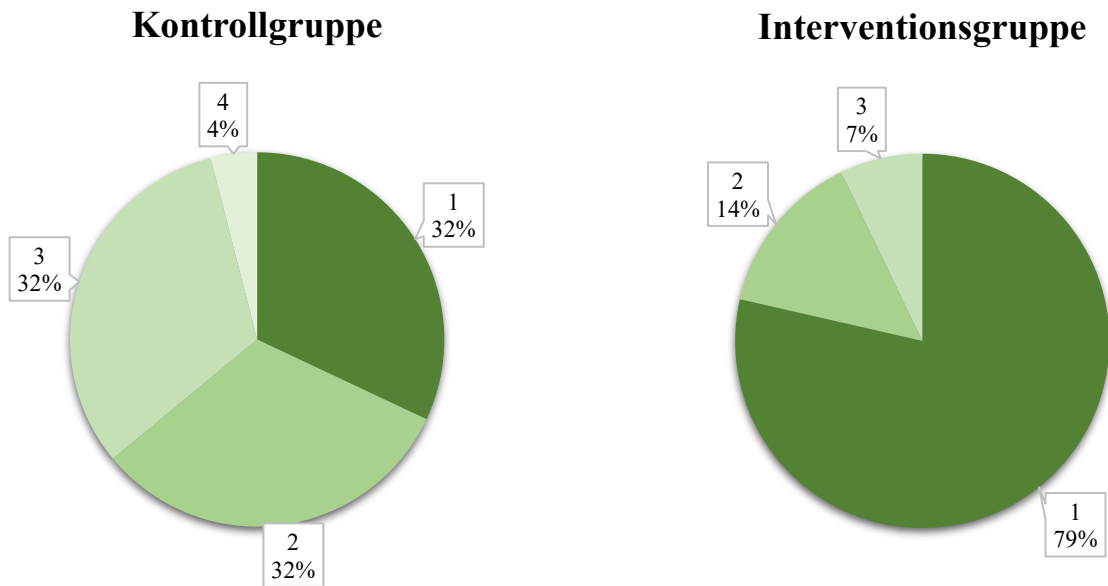
Abbildung 7 (unten) zeigt erstere in Form eines Kreisdiagramms. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte nicht festgestellt werden.



**Abbildung 7: Graphische Darstellung der subjektiven Einschätzung der Chirurgen im Schulnotensystem hinsichtlich Einsehbarkeit und Zugänglichkeit des Operationsgebiets.**



Bei der subjektiven Einschätzung des intraoperativen Blutverlusts zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Abbildung 8 (unten) zeigt diese ebenfalls in Kreisdiagrammform.



**Abbildung 8:** Graphische Darstellung der subjektiven Einschätzung der Chirurgen im Schulnotensystem hinsichtlich der Menge des intraoperativen Blutverlusts.

### 3.4 Postoperatives Labor

Beim postoperativen Labor konnte bei keinem Parameter ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. In Tabelle 4 (unten) werden die einzelnen Messwerte angegeben, Abbildung 9 auf Seite 39 zeigt die graphische Darstellung der wichtigsten Messwerte.

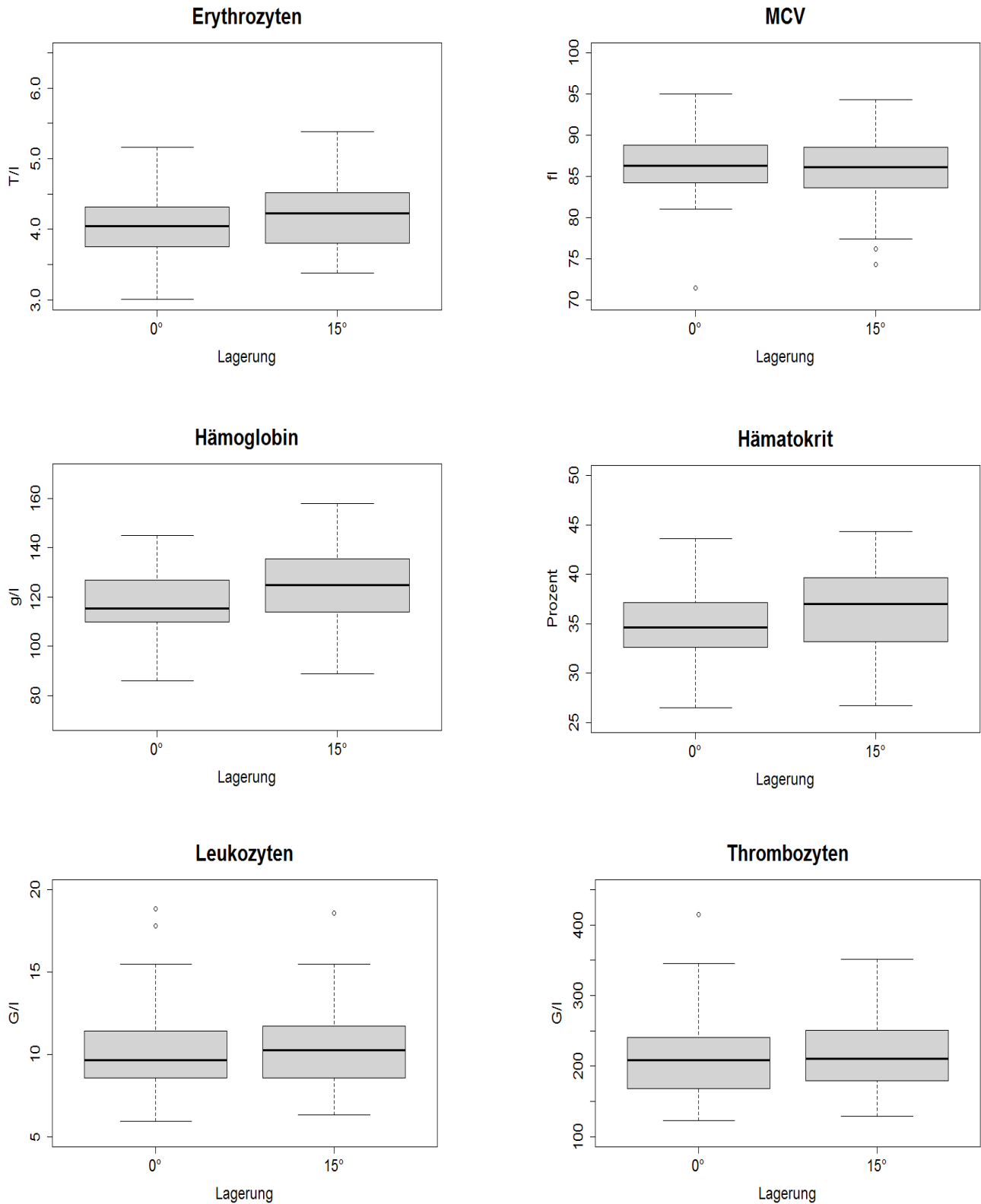
**Tabelle 4: Postoperative Laborparameter**

Variable	0°-Lagerung (n=40)	15°-Lagerung (n=39)
<b>Einfaches Blutbild</b>		
Erythrozyten (T/l)	4,0 (3,8 – 4,3)	4,2 (3,8 – 4,5)
Hämoglobin (g/L)	115,5 (110,0 – 127,0)	125,0 (114,0 – 135,5)
Hämatokrit (Prozent)	34,6 (32,7 – 37,1)	37,0 (33,2 – 39,7)
Thrombozyten (G/l)	208,5 (168,8 – 238,8)	210,0 (179,5 – 251,0)
MCV (fl)	86,3 (84,3 – 88,8)	86,1 (83,7 – 88,5)
MCH (pg/dl)	29,3 (28,5 – 29,8)	29,1 (28,4 – 30,4)
MCHC (g/dl)	33,6 (33,1 – 34,4)	33,9 (33,3 – 34,7)
Leukozyten (G/l)	9,6 (8,6 – 11,4)	10,2 (8,6 – 11,7)
<b>Differentialblutbild (Prozent)</b>		
Segmentkernige neutrophile Granulozyten	75,6 (69,6 – 77,5)	73,9 (69,8 – 76,5)
Lymphozyten	16,8 (14,5 – 21,9)	15,3 (14,1 – 19,4)
Monozyten	8,2 (6,6 – 9,1)	7,9 (6,7 – 9,9)
Eosinophile Granulozyten	0,4 (0,2 – 0,6)	0,5 (0,4 – 1,3)
Basophile Granulozyten	0,3 (0,2 – 0,3)	0,4 (0,3 – 0,4)
<b>Gerinnung</b>		
Quick (Prozent)	92,0 (81,0 – 100,0)	93,0 (82,8 – 98,3)
aPTT (Sekunden)	24,2 (23,2 – 25,1)	24,7 (23,4 – 25,8)

### Ionogramm

Natrium (mmol/l)	139,0 (137,0 – 140,5)	139,0 (138,0 – 140,4)
Kalium (mmol/l)	3,9 (3,7 – 4,0)	3,8 (3,7 – 4,2)
Calcium (mmol/l)	2,3 (2,2 – 2,4)	2,3 (2,2 – 2,4)
Chlorid (mmol/l)	101,4 (99,5 – 104,1)	103,1 (100,1 – 104,9)
Kreatinin (mg/dl)	0,8 (0,7 – 0,9)	0,8 (0,7 – 0,9)

Wenn nicht anders vermerkt, handelt es sich bei den angegebenen Werten um den Median sowie in Klammern den Interquartilsabstand Q1 bis Q3.



**Abbildung 9: Graphische Darstellung ausgesuchter postoperativer Laborparameter des einfachen Blutbilds.**

Die oberen Boxplots zeigen die Messwerte für Erythrozyten (T/l) sowie MCV (fl). In den mittleren Boxplots werden Hämoglobin (g/l) und Hämatokrit (Prozent) dargestellt, in den unteren Thrombozyten (G/l) und Leukozyten (G/l).

## 4 Diskussion

### 4.1 Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass eine Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15°, bei der der Kopf die höchste Position des Körpers einnimmt, zu einem statistisch signifikant geringeren intraoperativen Blutverlust in der orthognathen Chirurgie führen kann. Dieser Wert wurde für diese Arbeit als Hauptzielgröße bestimmt und betrug in der Kontrollgruppe (Operation in 0°-Lagerung) im Median 542,5 Milliliter und im Mittel 566,9 Milliliter, in der Interventionsgruppe (Operation in 15°-Lagerung) im Median 427,0 Milliliter und im Mittel 439,6 Milliliter. Zur Besserung Vergleichbarkeit mit der Literatur werden auch die Mittelwerte angegeben, obwohl es sich um nicht normalverteilte Daten handelt.

Der in dieser Studie gemessene durchschnittliche Blutverlust entspricht somit in etwa dem Wert von 451,0 Millilitern, den *Panula, Finne et al.* in einer Analyse von 655 Patienten, die sich einem orthognath-chirurgischen Eingriff unterzogen, feststellten (Panula, Finne et al. 2001). Auch *Pineiro-Aguilar, Somoza-Martin et al.* kamen 2011 bei einer systemischen Analyse von 17 Arbeiten, die zwischen 1978 und 2008 durchgeführt wurden, zu einem vergleichbaren Wert von einem durchschnittlichen Blutverlust von 436,1 Millilitern (Pineiro-Aguilar, Somoza-Martin et al. 2011).

Hinsichtlich der Nebenzielgröße Operationsdauer, die bei der vorliegenden Arbeit ohne Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit im Median 127,0 Minuten und im Mittel 127,8 Minuten betrug, ergaben sich im Vergleich zu den erwähnten Analysen größere Unterschiede. Während sich bei *Panula, Finnet et al.* eine durchschnittliche Operationsdauer von 155,0 Minuten zeigte, belief sich diese bei *Pineiro-Aguilar, Somoza-Martin et al.* sogar auf 196,9 Minuten.

Es ist jedoch anzumerken, dass bei beiden Studien verschiedene Arten orthognath-chirurgischer Eingriffe untersucht wurden, was einen wesentlichen Einfluss auf die erhobenen Parameter haben kann. Betrachtet man, wie in der vorliegenden Arbeit, ausschließlich die einteilige LeFort-I-Osteotomie in Kombination mit einer bilateralen sagittalen Spaltosteotomie, zeigten sich bei einer retrospektiven, als Dissertation veröffentlichten Studie der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Kepler Universitätsklinikums Linz vergleichbare Werte für den durchschnittlichen Blutverlust (494,1 Milliliter) und für die durchschnittliche Operationsdauer (127,4 Minuten) (Rammer 2019).

Die Anzahl an Patienten der vorliegenden Arbeit, die eine Fremdbluttransfusion benötigten, lag sowohl in der Interventions- als auch in der Kontrollgruppe bei null. In der internationalen Literatur schwanken die Angaben hierzu deutlich, einzeln werden sogar Werte von bis zu 24% angegeben (Samman, Cheung et al. 1996). Trotzdem ist das Ergebnis der vorliegenden Arbeit mit dem vieler anderer Autoren vergleichbar, die in etwa bei einem Prozent der Patienten Fremdblut transfundierten (Moenning, Bussard et al. 1995, Panula, Finne et al. 2001, Faverani, Ramalho-Ferreira et al. 2014, Rammer 2019).

## 4.2 Bedeutung der Lagerung

Der Einfluss der Lagerung auf den intraoperativen Blutverlust lässt sich physiologisch gut erklären. Das Anheben des Operationsgebiets über Herzniveau führt zu einem erniedrigten venösen Rückstrom und konsekutiv zu einem erniedrigten kardialen Auswurf, ausgelöst durch eine schwerkraftbedingte, vermehrte Volumensverlagerung in die Gefäße der unteren Extremitäten, was auch als venöses Pooling bezeichnet wird. Dies führt zu einem erniedrigten lokalen Blutdruck und einem geringeren lokalen Perfusionsdruck in dem zu operierenden Gebiet. Zusätzlich wird vermutet, dass sich durch die Hochlagerung ein durch Barorezeptoren im Aortenbogen sowie im Sinus caroticus vermittelter, gering blutdruckregulierender Effekt einstellt. So kann die Hochlagerung mitunter zu einem niedrigeren intraoperativen Blutverlust beitragen (Ko, Chuang et al. 2008, Ozkose, Baykan et al. 2016, Hughes and Casey 2017). Als großer Vorteil kann dabei gesehen werden, dass es sich um eine leicht umsetzbare, nicht invasive, nicht medikamentöse Maßnahme handelt, mithilfe welcher jedoch trotzdem signifikante Reduktionen des intraoperativen Blutverlusts erzielt werden können. So können möglicherweise mit dem Blutverlust einhergehende Komplikationen vermieden und ein insgesamt besseres Outcome für die Patienten erreicht werden.

In der vorliegenden Arbeit zeigte sich für die Interventionsgruppe, die in 15°-Lagerung operiert wurde, im Median eine Reduktion des intraoperativen Blutverlusts von 21,3%. Aufgrund der Tatsache, dass sich in der Literatur keine Studien finden, die den Einfluss der Anti-Trendelenburg-Lagerung speziell auf den intraoperativen Blutverlust bei orthognath-chirurgischen Eingriffen untersuchen, fällt es schwer, diesen Wert zu vergleichen. Es zeigen sich jedoch diverse Beispiele anderer Fachrichtungen, bei denen die Anti-Trendelenburg-Lagerung zu verschiedenen Zwecken eingesetzt wird.

So haben etwa Studien aus dem Gebiet der Neurochirurgie gezeigt, dass bei Kraniotomien eine Anti-Trendelenburg-Lagerung von 10° den intrakraniellen Hirndruck senken und somit das Risiko schwerwiegender Komplikationen verringern kann.

Dadurch kann möglicherweise auch der Gebrauch von anderen Maßnahmen eingeschränkt werden, beispielsweise die Anwendung von Mannitol, Barbituraten oder Indomethacin, welche im Vergleich zur simplen Anti-Trendelenburg-Lagerung mit zusätzlichen potenziellen Nebenwirkungen verknüpft sind (Rolighed Larsen, Haure et al. 2002).

In der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde wurde die Auswirkung der hier verwendeten Anti-Trendelenburg-Lagerung auf den intraoperativen Blutverlust untersucht. So konnte beim häufig durchgeführten Eingriff „Rhinoplastie“ gezeigt werden, dass eine Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15° zu einem signifikant geringeren intraoperativen Blutverlust führt. Dabei wurden die Patienten in drei Gruppen aufgeteilt, wovon bei sonst vergleichbaren Bedingungen eine Gruppe in Rückenlage, eine Gruppe in Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15° und eine in 20° operiert wurde. Es ergab sich für die in Rückenlage operierte Gruppe ein durchschnittlicher Blutverlust von 98,7 Milliliter, für die beiden anderen Gruppen jeweils 25,6 und 28,3 Milliliter. Dies entspricht einer Reduktion des intraoperativen Blutverlusts von 73,5% zwischen Rückenlage und Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15°, währenddessen diese gegenüber der steileren Lagerung von 20° nur eine durchschnittliche Reduktion von 9,5% – in absoluten Zahlen weniger als drei Milliliter – bot. Während sich also der intraoperative Blutverlust in beiden in Anti-Trendelenburg-Lagerung operierten Gruppen signifikant geringer als in der in Rückenlage operierten Gruppe zeigte, fiel die Differenz des Blutverlusts zwischen Lagerung in 15° und 20° unwesentlich aus. Es scheint sich also ein blutsparender Effekt durch die Hochlagerung zu ergeben, der jedoch durch eine noch ausgeprägtere Hochlagerung nicht weiter verstärkt wird.

Dabei darf jedoch auch die Zugänglichkeit zum Operationsgebiet für den Operateur nicht außer Acht gelassen werden. Die an der Studie teilnehmenden Chirurgen schätzten diese subjektiv als „exzellent“, „gut“, „akzeptabel“, „schlecht“ oder „sehr schlecht“ ein. Eine Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15° wurde in 40% der Fälle als „exzellent“ und in 48% der Fälle als „gut“ beurteilt, während die restlichen 12% als „akzeptabel“ eingestuft wurden. In der in Rückenlage operierten Gruppe beliefen sich die Einschätzungen auf jeweils 17% für „exzellent“, 52% für „gut“ und 31% für „akzeptabel“.

Für die Anti-Trendelenburg-Lagerung in 20° ergaben sich mit 39% für „exzellent“, 52% für „gut“ und 6% für „schlecht“ keine wesentlichen Unterschiede zur in 15°-



Lagerung operierten Gruppe. Im ursprünglichen Studiendesign hätte jedoch die Gruppe, die in einer Anti-Trendelenburg-Lagerung von 20° operiert wurde, sogar in 30°-Lagerung operiert werden sollen, wobei sich diese Position aber schnell als äußerst unpraktikabel herausstellte und die Idee verworfen wurde (Ozkose, Baykan et al. 2016).

Daraus ergibt sich die Frage, welche Höhe der Anti-Trendelenburg-Lagerung die beste Balance aus Reduktion des intraoperativen Blutverlusts und guter Sicht sowie Zugänglichkeit des Operationsgebiets ermöglicht. *Gan, Habib et al.* untersuchten im Jahr 2014 75 Patienten, bei denen ein endoskopischer sinuschirurgischer Eingriff durchgeführt wurde. Die Patienten wurden in drei Gruppen aufgeteilt und bei ansonsten ebenfalls vergleichbaren Bedingungen aller Gruppen jeweils in einer Anti-Trendelenburg-Lagerung von 5°, 10° sowie 20° operiert. Von einer noch höheren Lagerung wurde ebenfalls aus Gründen der erschwerten Arbeitsbedingungen abgesehen.

Es kam dabei in der in 5°-Lagerung operierten Gruppe zu einem durchschnittlichen intraoperativen Blutverlust von 231,0 Millilitern, dem gegenüber steht ein durchschnittlicher Blutverlust von 230,0 Millilitern für die in 10°-Lagerung operierte Gruppe und 135,0 Milliliter für die in 20°-Lagerung operierte Gruppe. Dies entspricht, die in 5° und 20°-Lagerung operierten Gruppen betrachtet, einer durchschnittlichen Reduktion des Blutverlusts von 41,3%, was sich auch als statistisch signifikant zeigte. Zur subjektiven Einschätzung der Einsehbarkeit ins Operationsgebiet sowie der Menge des intraoperativen Blutverlusts kam der Boezaart-Score zum Einsatz. Ein Wert von 1,0 entspricht einer geringen Blutung ohne der Notwendigkeit des Absaugens, ein Wert von 2,0 einer geringen Blutung mit gelegentlich erforderlichem Absaugen (Boezaart, van der Merwe et al. 1995). Die Ergebnisse für die jeweiligen Gruppen lagen jeweils bei 2,0, 1,8 und 1,4. Somit wurde die Anti-Trendelenburg-Lagerung von 20° am vorteilhaftesten eingeschätzt (Gan, Habib et al. 2014).

Auch bei anderen Arbeiten aus dem Bereich der Sinuschirurgie zeigten sich signifikante Unterschiede in Bezug auf den intraoperativen Blutverlust. So kam es in einer Studie von 2008 bei Patienten, die in einer Anti-Trendelenburg-Lagerung von  $10^\circ$  operiert wurden, zu einem deutlich geringeren Blutverlust als bei Patienten, bei denen der Eingriff in Rückenlage durchgeführt wurde. Während sich für diese ein durchschnittlicher Blutverlust von 251,7 Millilitern ergab, betrug dieser in der in Anti-Trendelenburg-Lagerung operierten Gruppe 126,0 Milliliter, was einer Reduktion von 49,9% entspricht (Ko, Chuang et al. 2008).

Da sich in den beschriebenen Studien anderer Fachbereiche gezeigt hat, dass durch eine Anti-Trendelenburg-Lagerung zwar eine effektive Reduktion des Blutverlusts erwartet werden kann, der Effekt durch steilere Lagerungen jedoch nicht zwingend weiter verstärkt wird und gleichzeitig die Zugänglichkeit zum Operationsgebiet und die Praktikabilität des Eingriffs bedacht werden sollten, wurde für die vorliegende Arbeit die Höhe der Anti-Trendelenburg-Lagerung in der Interventionsgruppe auf  $15^\circ$  festgelegt. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Anti-Trendelenburg-Lagerung auch auf dem Gebiet der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ein probates Mittel sein kann, um den intraoperativen Blutverlust zu senken. In der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde zeigten sich im Vergleich zur vorliegenden Arbeit größere relative Reduktionen, von 41,3% bis hin zu 73,5%. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass bei diesen Eingriffen deutlich niedrigere absolute Blutverluste vorkommen, wodurch sich auch leichter größere relative Reduktionen ergeben.

Während *Gan, Habib et al.* sowie *Ko, Chang et al.* zwar eine durch die Anti-Trendelenburg-Lagerung bessere Einsehbarkeit und Zugänglichkeit des Operationsgebiets beschreiben, zeigt sich diesbezüglich in der vorliegenden Arbeit kein statistisch signifikanter Unterschied. Diese wurde von den Chirurgen in der Kontrollgruppe in 72% der Fälle mit „Sehr gut“ bewertet, wohingegen diese Note in der Interventionsgruppe in 52% der Fälle vergeben wurde.

Dies dürfte jedoch keine Auswirkungen auf den Ablauf der Operation gehabt haben, da sich in der Interventionsgruppe keine erhöhte Rate an „bad splits“ zeigte – unerwartete Bruchmuster bei der sagittalen Spaltosteotomie kamen in beiden Gruppen nicht vor. Weiters spiegelten sich diese Einschätzungen nicht in der Dauer der Operation wider, welche in der Interventionsgruppe, wenn auch statistisch nicht signifikant, mit durchschnittlich 124,5 Minuten sogar etwas kürzer ausfiel als in der Kontrollgruppe mit 131,0 Minuten.

Eventuell könnte diese Tatsache dem Umstand geschuldet sein, dass sich aufgrund des geringeren intraoperativen Blutverlusts objektiv bessere Operationsbedingungen ergaben, die eine schnellere Durchführung des Eingriffs ermöglichten. Dazu auch passend zeigten sich für die Interventionsgruppe statistisch signifikant bessere subjektive Bewertungen bezüglich des intraoperativen Blutverlusts. Dieser wurde in 79% der Fälle von den Chirurgen als „Sehr gut“ eingeschätzt, während dies in der Kontrollgruppe nur bei 32% der Eingriffe der Fall war.

### 4.3 Klinische Relevanz

Es ist zu bedenken, dass in der vorliegenden Arbeit weder in der Kontroll-, noch in der Interventionsgruppe, eine Fremdbluttransfusion notwendig wurde. Weiters darf angenommen werden, dass, bei den in der Literatur in Einzelfällen beschriebenen, deutlich höheren Blutverlusten, möglicherweise bedingt durch die intraoperative Verletzung eines größeren Blutgefäßes, auch die Anti-Trendelenburg-Lagerung als blutstillende Maßnahme bei Weitem nicht ausreichend gewesen wäre, um die Notwendigkeit einer Fremdbluttransfusion zu verhindern. Daher ist, obwohl sich in der vorliegenden Arbeit ein signifikant geringerer intraoperativer Blutverlust in der Interventionsgruppe gezeigt hat, die klinische Relevanz desselben insgesamt kritisch zu diskutieren.

Infolgedessen ergibt sich die Frage, für welche Form der Lagerung sich ein beider Lagerungen kundiger Operateur vor dem Eingriff entscheidet. Dem geringeren Blutverlust der Anti-Trendelenburg-Lagerung steht eine insgesamt als etwas schlechter bewertete Zugänglichkeit des Operationsgebiets gegenüber. Eine Option wäre daher, den Eingriff in gewohnter, herkömmlicher 0°-Flachlagerung zu beginnen. Sollte sich im Laufe der Operation ein durch vermehrten Blutverlust sichteingeschränkter Situs präsentieren, kann der Patient schnell und unkompliziert in eine Anti-Trendelenburg-Lagerung verbracht werden, was zu einer besseren Einsehbarkeit und somit insgesamt zu besseren Operationsbedingungen beitragen kann.

#### **4.4 Vergleichbarkeit beider Gruppen**

Um eine bestmögliche Vergleichbarkeit der Patienten zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe gewährleisten zu können, erfolgte die Zuteilung zur jeweiligen Gruppe randomisiert mittels der „sealed-envelope“ Technik. Dies ist von Bedeutung, da sich in der Literatur diverse Studien finden, die sich mit verschiedenen Faktoren, die den intraoperativen Blutverlust in der orthognathen Chirurgie beeinflussen können, beschäftigen. Zu diesen Faktoren zählen im Wesentlichen Alter, Geschlecht, BMI, Erfahrung des Operateurs sowie die Art und Dauer des Eingriffs. Dabei zeigen sich unterschiedliche Ergebnisse, was den Einfluss der beschriebenen Faktoren betrifft.

Während sich bei Geschlecht, Alter und BMI keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich des intraoperativen Blutverlusts ergaben (Al-Sebaei 2014, Thastum, Andersen et al. 2016), ist speziell die Dauer des Eingriffs als wesentlicher Faktor anzusehen. So zeigt sich in verschiedenen Studien, dass höhere Blutverluste erwartet werden können, je länger die Operation dauert (Yu, Chow et al. 2000, Ueki, Marukawa et al. 2005, Kretschmer, Koster et al. 2008, White, Marcus et al. 2009, Rummasak, Apipan et al. 2011). Zusätzlich zeigen sich in der Literatur Hinweise darauf, dass der intraoperative Blutverlust bei erfahrenen Chirurgen geringer ausfällt (Rummasak, Apipan et al. 2011).

Vergleicht man die Kontroll- und die Interventionsgruppe nun hinsichtlich der oben erwähnten Merkmale wie Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht, Art und Dauer der Operation, sowie zusätzlich Laborparametern, so zeigten sich lediglich bei zwei Laborparametern statistisch signifikante Unterschiede in den beiden Gruppen, nämlich bei der relativen Lymphozytenzahl im Differentialblutbild sowie beim Kalium.

Es kann somit eine adäquate Vergleichbarkeit beider Gruppen in der vorliegenden Arbeit angenommen werden.

## 4.5 Limitationen

Eine mögliche Limitation kann sich durch die Tatsache ergeben, dass in der vorliegenden Arbeit nicht alle Patienten von ein und demselben Chirurgen operiert wurden. So könnte eine unterschiedliche Verteilung an Operateuren in beiden Gruppen einen Einfluss auf den intraoperativen Blutverlust gehabt haben. Es ist jedoch zu erwähnen, dass es sich bei allen an der Studie teilnehmenden Operateuren um Fachärzte für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie mit langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet der orthognathen Chirurgie gehandelt hat. Weiters erfolgte keine systematische Zuteilung der Operateure zu beiden Gruppen, sodass von einer vergleichbaren Verteilung der Operateure in beiden Gruppen auszugehen ist und somit ein möglicher Einfluss auf den Blutverlust, falls vorhanden, als äußerst gering angenommen werden darf.

Als weitere mögliche Limitation der vorliegenden Arbeit kann die Erfassung und Berechnung des intraoperativen Blutverlusts angesehen werden. Durch die verwendete Methode des Abwiegens von Spülflüssigkeiten und Tupfern kann der tatsächlich aufgetretene Blutverlust fälschlicherweise als zu gering angenommen werden, da dabei möglicherweise auftretende Hämatome nicht berücksichtigt werden, wie es bei der Hb-Balance-Methode der Fall wäre (Gao, Li et al. 2015, Schwaiger, Wallner et al. 2021). Jedoch erfolgte die Berechnung in beiden Gruppen ident und setzte sich den Vergleich des intraoperativen Blutverlusts zum Ziel, wodurch die Vergleichbarkeit beider Gruppen gegeben ist.

Ebenfalls beachtet werden muss, dass die Tatsache, dass bei der vorliegenden Arbeit keine Verblindung stattgefunden hat, eine potenzielle Limitation darstellen kann. Dies war jedoch bei unterschiedlicher Lagerung der Patienten naturgemäß nicht möglich.

## 4.6 Schlussfolgerung

Unsere Daten legen nahe, dass durch die simple Maßnahme einer intraoperativen Anti-Trendelenburg-Lagerung von  $15^\circ$  im Vergleich zu herkömmlicher Flachlagerung ( $0^\circ$ ) eine signifikante Reduktion des intraoperativen Blutverlusts während orthognath-chirurgischer Eingriffe erreicht werden kann.

Ob eine weitere Variation des Winkels der Tischebene mit der Horizontalen den Blutverlust weiter reduzieren könnte, und wann die operativ-technische Praktikabilitätsgrenze erreicht ist, muss in weiteren Studien untersucht werden.

## **5 Zusammenfassung**

### **5.1 Einleitung**

Wenn auch orthognath-chirurgische Eingriffe insgesamt als sicher einzustufen sind, kann ein hoher Blutverlust aufgrund der ausgeprägten Vaskularisation im Operationsgebiet sowie der schwierigen Zugänglichkeit der Gefäße für lokale Blutstillungsmaßnahmen eine der potenziell schwerwiegendsten Komplikationen darstellen. Studien aus der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde haben gezeigt, dass im Rahmen einer Anti-Trendelenburg-Lagerung des Patienten während der Operation ein signifikant geringerer intraoperativer Blutverlust zu erwarten ist. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zu untersuchen, ob mithilfe einer Hochlagerung des Operationsgebiets durch eine Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15° auch bei orthognath-chirurgischen Eingriffen eine signifikante Reduktion des intraoperativen Blutverlusts und somit ein potenziell besseres Outcome für Patienten erreicht werden kann.

### **5.2 Material und Methoden**

In dieser prospektiven, randomisierten, kontrollierten Studie wurden insgesamt 80 Patienten eingeschlossen. Nach vollständiger Durchführung des Protokolls wurden anschließend die Daten von insgesamt 79 Patienten ausgewertet, bei denen zwischen Januar 2018 und September 2020 an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Kepler Universitätsklinikum Linz eine bignathe Umstellungsosteotomie im Sinne einer einteiligen LeFort-I-Osteotomie in Kombination mit einer bilateralen sagittalen Spaltosteotomie durchgeführt wurde. 40 Patienten wurden dabei in herkömmlicher Rückenlage, 39 Patienten in einer Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15° operiert. Als Hauptzielgröße festgelegt wurde der gemessene intraoperative Blutverlust, Nebenzielgrößen waren Operations- sowie Anästhesiedauer, die Menge an transfundiertem Fremdblut sowie mögliche intraoperative Komplikationen, die stationäre Liegedauer, die subjektive Einschätzung der Chirurgen hinsichtlich der Einsehbarkeit ins Operationsgebiet und des Blutverlusts sowie die postoperativen Laborwerte.



### **5.3 Ergebnisse**

Bei vergleichbaren Bedingungen beider Gruppen zeigte sich für die Interventionsgruppe ein signifikant geringerer intraoperativer Blutverlust mit einem Median von 427,0 Millilitern (Minimum 161,0 Maximum 1104,0) gegenüber der Kontrollgruppe mit einem Median von 542,5 Millilitern (Minimum 207,0 Maximum 1083,0). Dies entspricht einer Reduktion von 21,3% im Median. Die Operationsdauer zeigte keinen signifikanten Unterschied, auch bei den weiteren Nebenzielgrößen ergaben sich keine Unterschiede. Die subjektive Einschätzung der Operateure bezüglich Einsehbarkeit des Operationsgebiets war in beiden Gruppen gleich.

### **5.4 Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass durch die einfache, nicht-invasive, nicht-medikamentöse Maßnahme der Anti-Trendelenburg-Lagerung der intraoperative Blutverlust bei orthognath-chirurgischen Eingriffen statistisch signifikant verringert werden kann. Weiters ergab sich dadurch keine Verlängerung der Operationsdauer, und auch die Einsehbarkeit und Zugänglichkeit des Operationsgebiets wurden nicht statistisch signifikant schlechter bewertet. Offen bleibt, ob die Anti-Trendelenburg-Lagerung von 15° bereits den idealen Kompromiss zwischen Praktikabilität des Eingriffs und Reduktion des intraoperativen Blutverlusts bietet, oder ob hier noch Raum für Optimierung genutzt werden könnte.

## 6 Literaturverzeichnis

- Aarabi, M., R. Tabrizi, M. Hekmat, S. Shahidi and A. Puzesh (2014). "Relationship between mandibular anatomy and the occurrence of a bad split upon sagittal split osteotomy." J Oral Maxillofac Surg **72**(12): 2508-2513.
- Akhtar, S. and D. B. Tuinzing (1999). "Unfavorable splits in sagittal split osteotomy." Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod **87**(3): 267-268.
- Al-Sebaei, M. O. (2014). "Predictors of intra-operative blood loss and blood transfusion in orthognathic surgery: a retrospective cohort study in 92 patients." Patient Saf Surg **8**(1): 41.
- Barak, M., L. Yoav and I. Abu el-Naaj (2015). "Hypotensive anesthesia versus normotensive anesthesia during major maxillofacial surgery: a review of the literature." ScientificWorldJournal **2015**: 480728.
- Bell, R. B. (2018). "A History of Orthognathic Surgery in North America." J Oral Maxillofac Surg **76**(12): 2466-2481.
- Boezaart, A. P., J. van der Merwe and A. Coetzee (1995). "Comparison of sodium nitroprusside- and esmolol-induced controlled hypotension for functional endoscopic sinus surgery." Can J Anaesth **42**(5 Pt 1): 373-376.
- Bosboom, J. J., R. B. Klanderma, Y. Migdady, B. Bolhuis, D. P. Veelo, B. F. Geerts, M. F. Murphy and A. P. J. Vlaar (2019). "Transfusion-Associated Circulatory Overload: A Clinical Perspective." Transfus Med Rev **33**(2): 69-77.
- Buchanan, E. P. and C. H. Hyman (2013). "LeFort I Osteotomy." Semin Plast Surg **27**(3): 149-154.
- Choi, W. S. and N. Samman (2008). "Risks and benefits of deliberate hypotension in anaesthesia: a systematic review." Int J Oral Maxillofac Surg **37**(8): 687-703.
- Chow, L. K., B. Singh, W. K. Chiu and N. Samman (2007). "Prevalence of postoperative complications after orthognathic surgery: a 15-year review." J Oral Maxillofac Surg **65**(5): 984-992.
- de Lange, J., E. M. Baas, R. B. Horsthuis and A. Booij (2008). "The effect of nasal application of cocaine/adrenaline on blood loss in Le Fort I osteotomies." Int J Oral Maxillofac Surg **37**(1): 21-24.
- Ervens, J., C. Marks, M. Hechler, T. Plath, D. Hansen and B. Hoffmeister (2010). "Effect of induced hypotensive anaesthesia vs isovolaemic haemodilution on blood loss and transfusion requirements in orthognathic surgery: a prospective, single-blinded, randomized, controlled clinical study." Int J Oral Maxillofac Surg **39**(12): 1168-1174.
- Eshghpour, M., S. Samieirad, A. S. Attar, H. Kermani and S. Seddigh (2018). "Propofol Versus Remifentanyl: Which One Is More Effective in Reducing Blood Loss During Orthognathic Surgery? A Randomized Clinical Trial." J Oral Maxillofac Surg **76**(9): 1882 e1881-1882 e1887.
- Faverani, L. P., G. Ramalho-Ferreira, A. L. Fabris, T. O. Polo, G. H. Poli, C. M. Pastori, C. Marzola, W. G. Assuncao and I. R. Garcia-Junior (2014). "Intraoperative blood loss and blood transfusion requirements in patients undergoing orthognathic surgery." Oral Maxillofac Surg **18**(3): 305-310.
- Gan, E. C., A. R. Habib, A. Rajwani and A. R. Javer (2014). "Five-degree, 10-degree, and 20-degree reverse Trendelenburg position during functional endoscopic sinus surgery: a double-blind randomized controlled trial." Int Forum Allergy Rhinol **4**(1): 61-68.
- Gao, F. Q., Z. J. Li, K. Zhang, W. Sun and H. Zhang (2015). "Four Methods for Calculating Blood-loss after Total Knee Arthroplasty." Chin Med J (Engl) **128**(21): 2856-2860.
- Goddard, R. and H. Witherow (2011). "Surgically assisted rapid palatal expansion (SARPE)." Br J Oral Maxillofac Surg **49**(1): 65-66.
- Guyuron, B., C. Vaughan and B. Schlecter (1996). "The role of DDAVP (desmopressin) in orthognathic surgery." Ann Plast Surg **37**(5): 516-519.

- Hausamen, J. E., E. Machtens, J. Reuther, H. Eufinger, A. Kübler and H. Schliephake (2012). Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.
- Hughes, W. E. and D. P. Casey (2017). "Aortic Wave Reflection During Orthostatic Challenges: Influence of Body Position and Venous Pooling." Am J Hypertens **30**(2): 166-172.
- Kahl-Nieke, B. (2010). Einführung in die Kieferorthopädie - Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie, Deutscher Zahnärzte Verlag.
- Kim, S. G. and S. S. Park (2007). "Incidence of complications and problems related to orthognathic surgery." J Oral Maxillofac Surg **65**(12): 2438-2444.
- Ko, M. T., K. C. Chuang and C. Y. Su (2008). "Multiple analyses of factors related to intraoperative blood loss and the role of reverse Trendelenburg position in endoscopic sinus surgery." Laryngoscope **118**(9): 1687-1691.
- Kretschmer, V., H. Gombotz and G. Wittenberg-Rump (2008). Transfusionsmedizin-klinische Hämotherapie: Kurzlehrbuch für Klinik und Praxis; 54 Tabellen, Georg Thieme Verlag.
- Kretschmer, W., U. Koster, K. Dietz, W. Zoder and K. Wangerin (2008). "Factors for intraoperative blood loss in bimaxillary osteotomies." J Oral Maxillofac Surg **66**(7): 1399-1403.
- Lin, S., C. Chen, C. F. Yao, Y. A. Chen and Y. R. Chen (2016). "Comparison of different hypotensive anaesthesia techniques in orthognathic surgery with regard to intraoperative blood loss, quality of the surgical field, and postoperative nausea and vomiting." Int J Oral Maxillofac Surg **45**(12): 1526-1530.
- Lin, S., S. J. McKenna, C. F. Yao, Y. R. Chen and C. Chen (2017). "Effects of Hypotensive Anesthesia on Reducing Intraoperative Blood Loss, Duration of Operation, and Quality of Surgical Field During Orthognathic Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials." J Oral Maxillofac Surg **75**(1): 73-86.
- Matsuura, N., T. Okamura, S. Ide and T. Ichinohe (2017). "Remifentanyl Reduces Blood Loss During Orthognathic Surgery." Anesth Prog **64**(1): 3-7.
- Moening, J. E., D. A. Bussard, T. H. Lapp and B. T. Garrison (1995). "Average blood loss and the risk of requiring perioperative blood transfusion in 506 orthognathic surgical procedures." J Oral Maxillofac Surg **53**(8): 880-883.
- Olsen, J. J., J. Skov, J. Ingerslev, J. J. Thorn and E. M. Pinholt (2016). "Prevention of Bleeding in Orthognathic Surgery--A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials." J Oral Maxillofac Surg **74**(1): 139-150.
- Otto, A., Riediger, D, Modabber, A. (2011). "Die Unterkieferverlagerung nach Obwegeser/Dal Pont aus Patientensicht." Face : international magazine of orofacial esthetics **4**: 16-19.
- Ozkose, M., H. Baykan and I. Coskuner (2016). "The Effect of Patient Positioning on Amount of Intraoperative Bleeding in Rhinoplasty: A Randomized Controlled Trial." Aesthetic Plast Surg **40**(4): 453-457.
- Panula, K., K. Finne and K. Oikarinen (2001). "Incidence of complications and problems related to orthognathic surgery: a review of 655 patients." J Oral Maxillofac Surg **59**(10): 1128-1136; discussion 1137.
- Pineiro-Aguilar, A., M. Somoza-Martin, J. M. Gandara-Rey and A. Garcia-Garcia (2011). "Blood loss in orthognathic surgery: a systematic review." J Oral Maxillofac Surg **69**(3): 885-892.
- Posnick, J. C., E. Choi and A. Chavda (2016). "Operative Time, Airway Management, Need for Blood Transfusions, and In-Hospital Stay for Bimaxillary, Intranasal, and Osseous Genioplasty Surgery: Current Clinical Practices." J Oral Maxillofac Surg **74**(3): 590-600.
- Rammer, M. (2019). "Einflussfaktoren auf den perioperativen Blutverlust in der orthognathen Chirurgie."

- RCore, T. (2017). R: A language and environment for statistical computing.
- Reuther, J. (2000). "[Orthognathic surgery: corrective bone operations]." Mund Kiefer Gesichtschir **4 Suppl 1**: S237-248.
- Robl, M. T., B. B. Farrell and M. R. Tucker (2014). "Complications in orthognathic surgery: a report of 1,000 cases." Oral Maxillofac Surg Clin North Am **26**(4): 599-609.
- Rolighed Larsen, J. K., P. Haure and G. E. Cold (2002). "Reverse Trendelenburg position reduces intracranial pressure during craniotomy." J Neurosurg Anesthesiol **14**(1): 16-21.
- Rossi, A., G. Falzetti, A. Donati, G. Orsetti and P. Pelaia (2010). "Desflurane versus sevoflurane to reduce blood loss in maxillofacial surgery." J Oral Maxillofac Surg **68**(5): 1007-1012.
- Rummasak, D., B. Apipan and P. Kaewpradup (2011). "Factors that determine intraoperative blood loss in bimaxillary osteotomies and the need for preoperative blood preparation." J Oral Maxillofac Surg **69**(11): e456-460.
- Salma, R. G., F. M. Al-Shammari, B. A. Al-Garni and M. A. Al-Qarzaee (2017). "Operative time, blood loss, hemoglobin drop, blood transfusion, and hospital stay in orthognathic surgery." Oral Maxillofac Surg **21**(2): 259-266.
- Samman, N., L. K. Cheung, A. C. Tong and H. Tideman (1996). "Blood loss and transfusion requirements in orthognathic surgery." J Oral Maxillofac Surg **54**(1): 21-24; discussion 25-26.
- Schamsawary, S. (2007). Dysgnathien - Interdisziplinäre Therapiekonzepte von der Planung bis zur Operation, Elsevier.
- Schwaiger, M., J. Wallner, S. J. Edmondson, I. Mischak, J. Rabensteiner, T. Gary and W. Zemmann (2021). "Is there a hidden blood loss in orthognathic surgery and should it be considered? Results of a prospective cohort study." J Craniomaxillofac Surg **49**(7): 545-555.
- Schweisfurth, H., I. Sopivnik and R. Moog (2014). "[Transfusion-related acute lung injury (TRALI)]." Pneumologie **68**(9): 599-603.
- Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (2011). Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- Sharma, S., P. Sharma and L. N. Tyler (2011). "Transfusion of blood and blood products: indications and complications." Am Fam Physician **83**(6): 719-724.
- Singh, V., K. N. V. Sudhakar, R. Mohanty and S. Chatterjee (2017). "Orthognathic Surgery: A Review of Articles Published in 2014-2015." J Maxillofac Oral Surg **16**(3): 284-291.
- Song, G., P. Yang, J. Hu, S. Zhu, Y. Li and Q. Wang (2013). "The effect of tranexamic acid on blood loss in orthognathic surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials." Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol **115**(5): 595-600.
- Steenen, S. A. and A. G. Becking (2016). "Bad splits in bilateral sagittal split osteotomy: systematic review of fracture patterns." Int J Oral Maxillofac Surg **45**(7): 887-897.
- Steinhauser, E. W. (1996). "Historical development of orthognathic surgery." J Craniomaxillofac Surg **24**(4): 195-204.
- Suri, L. and P. Taneja (2008). "Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review." Am J Orthod Dentofacial Orthop **133**(2): 290-302.
- Thastum, M., K. Andersen, K. Rude, S. E. Norholt and J. Blomlof (2016). "Factors influencing intraoperative blood loss in orthognathic surgery." Int J Oral Maxillofac Surg **45**(9): 1070-1073.
- Ueki, K., K. Marukawa, M. Shimada, K. Nakagawa and E. Yamamoto (2005). "The assessment of blood loss in orthognathic surgery for prognathia." J Oral Maxillofac Surg **63**(3): 350-354.
- White, N., R. Marcus, S. Dover, G. Solanki, H. Nishikawa, C. Millar and E. D. Carver (2009). "Predictors of blood loss in fronto-orbital advancement and remodeling." J Craniofac Surg **20**(2): 378-381.

Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, Srpinge-Verlag New York.

Wickham, H., R. François, L. Henry and K. Müller (2022). dplyr: A Grammar of Data Manipulation.

Yu, C. N., T. K. Chow, A. S. Kwan, S. L. Wong and S. C. Fung (2000). "Intra-operative blood loss and operating time in orthognathic surgery using induced hypotensive general anaesthesia: prospective study." Hong Kong Med J **6**(3): 307-311.

Zellin, G., L. Rasmusson, J. Palsson and K. E. Kahnberg (2004). "Evaluation of hemorrhage depressors on blood loss during orthognathic surgery: a retrospective study." J Oral Maxillofac Surg **62**(6): 662-666.

## 7 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Anti-Trendelenburg-Lagerung.....	16
Abbildung 2: Graphische Darstellung des Alters (Jahre) sowie des BMI zum Zeitpunkt der Operation.....	28
Abbildung 3: Graphische Darstellung der präoperativen Gerinnungsparameter.....	30
Abbildung 4: Graphische Darstellung ausgesuchter präoperativer Laborparameter des einfachen Blutbilds.....	31
Abbildung 5: Graphische Darstellung der Hauptzielgröße „Intraoperativer Blutverlust (ml)“.....	33
Abbildung 6: Graphische Darstellung der Operations- und Anästhesiedauer (min) .	34
Abbildung 7: Graphische Darstellung der subjektiven Einschätzung der Chirurgen im Schulnotensystem hinsichtlich Einsehbarkeit und Zugänglichkeit des Operationsgebiets.....	35
Abbildung 8: Graphische Darstellung der subjektiven Einschätzung der Chirurgen im Schulnotensystem hinsichtlich der Menge des intraoperativen Blutverlusts.....	36
Abbildung 9: Graphische Darstellung ausgesuchter postoperativer Laborparameter des einfachen Blutbilds.....	39

## **8 Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Allgemeine Parameter .....	29
Tabelle 2: Präoperative Laborparameter .....	32
Tabelle 3: Operationsbezogene Parameter .....	35
Tabelle 4: Postoperative Laborparameter .....	37

## 9 Abkürzungsverzeichnis

aPTT	Aktivierte Partielle Thromboplastinzeit
ASA	American Society of Anaesthesiologists
BÄK	Bundesärztekammer
BMI	Body-Mass-Index
BSSO	Bilaterale sagittale Spaltosteotomie
BUN	Blutharnstoff-Stickstoff
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
dl	Deziliter
Dr. Med	Doktor medicinae
Dr. med. dent.	Doktor medicinae dentariae
Dr. med. univ.	Doktor medicinae universae
fl	Femtoliter
g	Gramm
G	Giga
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
KG	Kommanditgesellschaft
KUK	Kepler Universitätsklinikum
l	Liter
MCH	mean corpuscular hemoglobin (Mittleres korpuskuläres Hämoglobin)
MCHC	mean corpuscular hemoglobin concentration (Mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration)
MCV	mean corpuscular volume (Mittleres Erythrozyteneinzelvolumen)
mg	Milligramm
MKG	Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule



mmol	Millimol
pg	Pikogramm
RDW	red cell distribution width (Erythrozytenverteilungsbreite)
SARPE	surgically assisted rapid palatal expansion (Chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung)
SOP	Standard Operating Procedure (Standardvorgehensweise)
T	Tausend
TACO	transfusion associated circulatory overload (Transfusionsassoziierte Kreislaufüberlastung)
TIVA	Totale intravenöse Anästhesie
TRALI	transfusion associated acute lung injury (Transfusionsassoziierte akute Lungeninsuffizienz)

## 10 Danksagungen

Ich bedanke mich bei Herrn Primar Dr. Dr. Michael Malek für die Vermittlung dieses spannenden Promotionsthemas und seine professionelle Beratung dazu, sowie der Möglichkeit, die Arbeit an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Kepler Universitätsklinikum Linz durchführen zu können.

Ebenso danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Matthias Jacob für die kritische Auseinandersetzung und Korrektur meiner Arbeit.

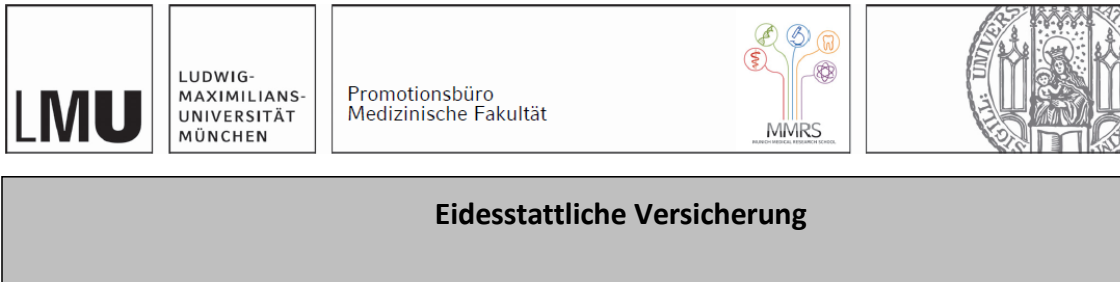
Auch Herrn Primar Univ.-Prof. Dr. Jens Meier danke ich herzlich für die wertvolle Unterstützung und die Durchsicht meiner Arbeit.

Ebenfalls möchte ich meiner Freundin, Frau Mag. Victoria Zeppitz, die mich im Laufe der Arbeit begleitet und liebevoll unterstützt hat, meinen Dank aussprechen.

Besonderer Dank gilt auch meiner Familie, die mich zu jeder Zeit tatkräftig und großzügig unterstützt hat.

Mein größter Dank gilt meinem Betreuer, Herrn Dr. Dr. Raphael Stehrer, ohne den dieses Projekt in keiner Weise umsetzbar gewesen wäre. Vielen Dank für die immerwährende Unterstützung.

## 11 Affidavit



Nikolaus Martin Stehrer

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

**Einfluss der Patientenlagerung auf den intraoperativen Blutverlust in der orthognathen Chirurgie – eine randomisierte, kontrollierte Studie**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Bad Hall, am 25.10.2023  
Ort, Datum

Nikolaus Stehrer  
Unterschrift Doktorand