

Aus der Klinik für
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
(Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Jörg Wiltfang)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**VERGLEICH DER HILO THERM[®] - THERAPIE UND DER
KONVENTIONELLEN KÜHLUNG MIT COOLPACKS ZUR
BEHANDLUNG VON POSTOPERATIVEN SCHWELLUNGEN
UND SCHMERZEN NACH ORTHOGNATHEN
OPERATIONEN.
EINE RANDOMISIERTE KONTROLLIERTE STUDIE MIT
HILFE DER QUANTITATIVEN 3D-PHOTOGRAMMETRIE.**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

LAURA STERN

aus Berlin

Kiel (2015)

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang

2. Berichterstatter: Prof. Dr. H.-J. Wenz, Prof. Dr. K. Hertrampf

Tag der mündlichen Prüfung: 15.04.2016

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 15.04.2016

gez.:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Postoperative Schwellung	1
1.1.1	Physiologie	1
1.2	Postoperativer Schmerz	2
1.2.1	Physiologie	2
1.3	Therapie der postoperativen Schwellung und der Schmerzen	3
1.4	Orthognathe Chirurgie	4
1.5	Fragestellung	4
2	Material und Methoden	6
2.1	Patienten	6
2.2	Gruppeneinteilung	6
2.3	Peri- und postoperative Medikation	9
2.4	Kühlungsmethoden	10
2.5	Dreidimensionale Fotografie	11
2.5.1	3D-Kamerasystem	11
2.5.2	Software	12
2.5.3	Kalibrierung	13
2.5.4	Aufnahme und Vorgehensweise	13
2.6	Quantitative Auswertung der dreidimensionalen Bilddaten	14
2.6.1	Bezugspunkte, Ebenen und Landmarken	14
2.7	Auswertung der postoperativen Schwellung	16
2.8	Auswertung des postoperativen Schmerzes	20
2.8.1	Statistische Analyse	20
3	Ergebnisse	21
3.1	Postoperative Schwellung	21
3.1.1	Bimaxilläre Operation	21

3.1.1.1	Kühlungsmethode	21
3.1.1.2	Geschlecht	24
3.1.1.3	Operationsdauer	25
3.1.1.4	Patientenalter	26
3.1.2	Monomaxilläre Operation	26
3.1.2.1	Kühlungsmethode	26
3.1.2.2	Geschlecht	28
3.1.2.3	Operationsdauer	29
3.1.2.4	Patientenalter	29
3.1.3	Analyse der Schwellungen im Vergleich bimaxillärer zu monomaxillärer Operationsmethode	30
3.2	Postoperativer Schmerz	32
3.2.1	Bimaxilläre Operation	32
3.2.1.1	Kühlungsmethode	32
3.2.2	Monomaxilläre Operationsmethode	33
3.2.2.1	Kühlungsmethode	33
3.2.3	Analyse der Schmerzen im Vergleich bimaxillärer zu monomaxillärer Operationsmethode	34
4	Diskussion	35
4.1	Diskussion der Methode und Einfluss von Merkmalen	36
4.1.1	Photogrammetrie	36
4.1.2	Patientenmerkmale	37
4.1.2.1	Patientengruppen	38
4.1.3	Operationsmethode	39
4.2	Diskussion der Ergebnisse	40
4.3	Ausblick	42
5	Zusammenfassung	44
6	Literaturverzeichnis	45

7	Danksagung	51
8	Lebenslauf	52
9	Veröffentlichungen	53

1 Einleitung

Nach orthognathen Eingriffen kann es postoperativ zu starken Schwellungen, Ödemen und Schmerzen im Bereich des Mittel- und Untergesichtes sowie zu vorübergehenden neurologischen Dysfunktionen, Mundöffnungseinschränkungen und Muskelverspannungen kommen (Rana et al., 2011). Die Folgen können zeitweilige Entstellungen der Patienten und starke Schmerzen sein, die die Wundheilung behindern. Während die höchste Schmerzintensität in der Regel ihr Maximum am ersten Tag nach der Operation erreicht, wird das Schwellungsmaximum erst nach ein bis zwei Tagen beobachtet, das im Fortlauf in Frequenz und Amplitude abnimmt (Al-Khateeb und Nusair, 2008).

1.1 Postoperative Schwellung

Alle chirurgischen Eingriffe verursachen sekundäre Effekte. Der Grad der Gewebeschädigung spielt dabei neben individuellen Faktoren die größte Rolle bei der Intensität und Ausprägung der postoperativen Schwellung (Garcia et al., 2008).

1.1.1 Physiologie

Die natürliche Reaktion des Gewebes auf ein Trauma besteht in der Ausbildung einer Entzündungsreaktion. Durch die Freisetzung von Histamin und anderen Substanzen kommt es zu einer Gefäßerweiterung. Die damit verbundene Durchlässigkeit der Kapillaren führt zu einer vermehrten Flüssigkeitsansammlung im interstitiellen Raum. Lokale venöse Kanäle und Lymphgefäße werden durch Blutgerinnsel (gebildet aus Fibrin bzw. Fibrinogen) verschlossen. Zudem wird der Blutfluss durch die Transsudation verlangsamt. Durch den erhöhten osmotischen Druck kommt es zu einer Granulozyten- und Monozytenmigration (Starling Gesetz) (Sortino und Cicciu, 2011, Messer und Keller, 1975). Dabei ist die Ausprägung des Ödems variabel und hängt im Wesentlichen von der betroffenen Gewebeart ab. Lockeres Gewebe zeigt einen deutlich größeren Schwellungsgrad als Gewebe, das fest an seine umliegende Struktur gebunden ist (Alexander und Thronson, 2000).

1.2 Postoperativer Schmerz

Akuter Schmerz kann definiert werden als die bewusste, individuelle Wahrnehmung (Nozizeption) einer Gewebeschädigung. Ungenügend behandelte Schmerzen können die physiologische Homöostase aber auch die Funktionsfähigkeit von Organen stören (Angster und Hainsch-Muller, 2005). Vor allem bei älteren und geschwächten Patienten kann die Schmerzausschaltung von besonderer Wichtigkeit sein. Schmerz kann aufgrund von Angst, Schlaflosigkeit, Stress und der damit verbundenen Ausschüttung von Katecholaminen eine negative Auswirkung auf das postoperative Ergebnis haben (Molloy und Cousins, 2003). Eine objektive Beurteilung wird erschwert, da Schmerz von vielen Faktoren (Alter des Patienten, Schmerzschwelle, -toleranz und -gedächtnis) beeinflusst wird. Am häufigsten wird die visuelle Analogskala (VAS) angewandt (Olmedo-Gaya et al., 2002).

Die bimaxilläre Osteotomie mit bilateraler sagittaler Spaltung und LeFort I Osteotomie ist eine häufige Kiefer-Operation, die mit mäßigen bis hohen postoperativen Schmerzen verbunden ist. Daher werden verschiedene nicht-steroidale entzündungshemmende Analgetika (NSAID) und Opiode im postoperativen Schmerzmanagement eingesetzt (Oncul et al., 2011).

1.2.1 Physiologie

Schmerz wird üblicherweise nach Charakter und Lokalisation als somatischer bzw. viszeraler sowie als neuropathischer Schmerz klassifiziert (Angster und Hainsch-Muller, 2005). Nozizeptoren werden nach thermischer, mechanischer oder chemischer Verletzung aktiviert und leiten über kleine sensorische myelinisierte und unmyelinisierte afferente Schmerzfasern die Information bis in höhere kortikale Zentren des ZNS weiter. In der Peripherie werden verschiedene endogene schmerzinduzierende Substanzen freigesetzt, unter anderem Substanz P, die Arachidonsäurekaskade (Prostaglandine, Leukotriene), Histamin, Serotonin und Bradykinin. Diese Botenstoffe können die nozizeptive Schwelle herabsetzen und somit das Weiterleiten eines Schmerzreizes erleichtern (Kehlet und Dahl, 1993).

1.3 Therapie der postoperativen Schwellung und der Schmerzen

Die Begleiterscheinungen einer Operation können einerseits durch die Gabe von Medikamenten wie zum Beispiel Glucocorticoiden, Antibiotika und nichtsteroidalen, antiphlogistischen Analgetika reduziert werden, andererseits stellen Lymphdrainagen, der Einsatz von Softlasern und die lokale Kühlung alternative Behandlungsmethoden dar (Rana et al., 2011). Die Kryotherapie (therapeutische Kühlung mittels Eis) ist eines der effektivsten Verfahren zur Behandlung von Weichteilverletzungen (Bleakley et al., 2007). Die Gewebetemperatur wird durch Entzug der Wärmeenergie (Konduktion) aus dem Körper verringert. Dabei dient die Haut als Leitmedium zu den tieferen Zielregionen. Isolierend wirken dabei sowohl Muskel- als auch Fettgewebe, die die oberflächliche Kühlleistung ebenfalls beeinflussen (Kennet et al., 2007). Die Kühlung erzielt mehrere physiologische Effekte. Dazu zählt die analgesierende Wirkung durch Hemmung der Nervenenden und Verlangsamung der Nervenleitgeschwindigkeit der einzelnen Schmerzimpulse. Entzündungshemmend wirken der verlangsamte Zellmetabolismus und die dadurch abnehmende Produktion von Botenstoffen (Serotonin, Bradykinin, Histamin). Schwellungsreduzierend ist ebenfalls die lokale Vasokonstriktion und die damit verbundene geringere Gewebeeinblutung. Diese Aspekte verbessern den Allgemeinzustand des Patienten deutlich und führen zu einer schnelleren Gesundung.

Bei der konventionellen Therapie von postoperativen Weichgewebsverletzungen und Schwellungen wird daher am häufigsten die Applikation von Eis vorgenommen (Belli et al., 2009). Im Handel werden Eis-Kompressen in Form von sogenannten Coolpacks angeboten. Dabei handelt es sich um ein in sich geschlossenes Produkt mit Gelinhalt, das in der Lage ist, eine bis zu zwei Stunden andauernde trockene Kühlung im Gesichtsbereich zu gewährleisten (van der Westhuijzen et al., 2005).

Die richtige Platzierung der Coolpacks ist oft schwierig und schlecht zu kontrollieren. Darüber hinaus kann häufig keine einheitliche Wärmeleitung gewährleistet werden. Dies kann zu unerwünschten Nebenwirkungen und Schäden durch Unterkühlung führen, die bereits durch schnelle Temperaturwechsel und Temperaturen unter 10°Celsius verursacht werden können (Moro et al., 2011).

Eine alternative Kühlungsmethode stellt das Hilotherm[®]-Kühlgerät (Hilotherm[®]GmbH, Argenbühl-Eisenharz) dar. Es handelt sich hierbei um ein innovatives Gerät, das

mittels speziell geformter Masken für verschiedene Körperregionen eine Durchlaufkühlung mit konstant wählbarer Temperatur ermöglicht.

1.4 Orthognathe Chirurgie

Die orthognathe Chirurgie umfasst die Korrektur von angeborenen oder erworbenen skelettalen Form- und Lageanomalien des Ober- und Unterkiefers. Die Eingriffe dienen der Herstellung einer gesicherten Okklusion und einer bestmöglichen physiologischen Kaufunktion, der Prophylaxe, der Prävention parodontaler Erkrankungen, der langfristigen Zahnerhaltung sowie der Verbesserung des äußeren Erscheinungsbilds (Schultes et al., 1998, Reichart et al., 2002).

Als Standardverfahren zur Verlagerung des Unterkiefers gilt die 1955 von Obwegeser und Trauner entwickelte Methode der sagittalen Spaltung. Die Le-Fort-I-Osteotomie zur Korrektur von Oberkieferfehlstellungen wurde von dem Berliner Chirurgen von Langenbeck schon 1859 beschrieben und entwickelte sich über mehrere Modifikationen unter anderem durch Wassmund, Axhausen und schließlich Obwegeser zur etablierten Operationsmethode (Reuther, 2000).

1.5 Fragestellung

Die Hilotherm[®]-Kühltechnologie ist eine innovative Kühlmethode, die zunehmend alternativ zu der konventionellen lokalen Anwendung von Coolpacks eingesetzt wird. Durch die Anwendung von Kälte soll in erster Linie ein positiver Effekt auf postoperative Schwellungen und Schmerzen erzielt werden. Ob durch den Einsatz der Hilotherm[®]-Therapie ein Vorteil gegenüber der Kühlung mit Coolpacks besteht ist bisher noch nicht endgültig geklärt.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, bei Patienten mit einer geplanten orthognathen Umstellungsosteotomie, die konventionelle Kühlmethode mit Coolpacks und die Kühlung mit der Hilotherm[®]-Technologie zu vergleichen.

Die Verteilung der Kühlmethode soll dabei nach Einwilligung der Patienten zur Teilnahme an dieser Studie randomisiert erfolgen. Die Patienten kühlen dann entweder ausschließlich mit Coolpacks oder mit dem Hilotherm[®]-Gerät.

Postoperative Volumenveränderungen des Weichgewebes sollen mit Methoden der quantitativen 3-D-Photogrammetrie verglichen werden, um den Kühlungserfolg und den Einfluss auf die Schwellung zu quantifizieren. Der Einfluss auf die postoperative Schmerzwahrnehmung soll über die Erfassung der über die Basismedikation hinausgehenden Schmerzmedikation erfolgen. Mögliche einflussnehmende Merkmale wie Alter des Patienten, Geschlecht sowie die Operationsdauer sollen in die Analyse der Ergebnisse mit einbezogen werden.

2 Material und Methoden

2.1 Patienten

Die Studienteilnehmer setzten sich aus Patienten zusammen, bei denen eine orthognathe Operation in der Abteilung für Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums UKSH, Campus Kiel durchgeführt wurde. Nach orthognathen Eingriffen kommt es zu teilweise ausgeprägten postoperativen Schwellungen und Schmerzen, so dass diese Patientengruppe für die Untersuchung der postoperativen Schwellung und Schmerzen besonders geeignet war.

Die vorliegende Studie wurde durch die Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel genehmigt (Ethikvotum A173/09). Alle Teilnehmer wurden über die Untersuchung umfassend aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis.

Zunächst konnten 40 Patienten in die Studie aufgenommen und randomisiert auf die Kühlungsmethoden verteilt werden. Aufgrund von fehlerhaften, nicht auswertbaren Bilddaten, fehlender Bilddaten (z.B. Referenzbilddaten) oder Ungewissheit, ob die Patienten tatsächlich nur mit der vorgegebenen Kühlmethode gekühlt hatten, mussten 8 Patienten ausgeschlossen werden. Insgesamt konnten 32 Patienten in die vorliegende Studie eingeschlossen und ausgewertet werden.

Es handelte sich um 11 männliche und 21 weibliche Probanden. Die Altersspanne der Patienten lag zwischen 17 und 52 Jahren (n=32, Mittelwert=29,38 Jahre, Standardabweichung=10,99 Jahre). Die Operationsdauer bewegte sich zwischen 1:55 und 5:55Stunden (Mittelwert=3:54 h, Standardabweichung=0:51 h).

2.2 Gruppeneinteilung

In der Studiengruppe wurden die unterschiedlichen Kühlungsmethoden unmittelbar postoperativ unter den Patienten (n=32) randomisiert verteilt. Gruppe 1 (n=17) sollte mit der Hilotherm[®]-Therapiemethode kühlen, Gruppe 2 (n=15) mit der konventionellen Kühlung durch Coolpacks.

Durchgeführt wurden bimaxilläre (n=24) und monomaxilläre (n=8) Umstellungsosteotomien. Alle Operationen erfolgten mit standardisierten

Operationsmethoden und wurden von demselben Operationsteam durchgeführt. Alter Geschlecht, Operationsdauer sowie der Schmerzmittelbedarf wurden dokumentiert (siehe Tabelle 1).

		monomaxilläre Operation	bimaxilläre Operation	
				Gesamt
Hilotherm®	Anzahl	5	12	17
Coolpacks	Anzahl	3	12	15
Gesamt	Anzahl	8	24	32

Tabelle 1: Verteilung der unterschiedlichen Kühlungs- und Operationsmethoden

Tabelle 2 und 3 stellen eine Übersicht der Aufnahmetage eins bis sieben bezogen auf die beiden Kühlverfahren dar. Die Fehlstellen ergaben sich aufgrund von an einzelnen Tagen nicht durchführbarer dreidimensionaler Aufnahmen bedingt z.B. durch Kreislaufprobleme, Erbrechen, Übelkeit, Schmerzen, oder Nachblutungen. Differenzvolumen (Schwellungsvolumen), die jeweils bezogen auf das Ausgangsvolumen gebildet wurden, stellen die Tagessituation dar. Diese wurden zunächst in mm³ ermittelt. Prozentualwerte des Schwellungsvolumens ermöglichten einen relativen Vergleich der individuellen Mengenverhältnisse und bildeten die Grundlage der weiteren statistischen Analyse. Der Mittelwert aller sieben Untersuchungstage ergab eine Gesamtübersicht (bimaxilläre Operationsmethode).

Verarbeitete Fälle: bimaxilläre Operationsmethode Variable Kühlung

Kühlungs- methode	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Tag1 1 Hilotherm	8	66,7%	4	33,3%	12	100,0%
2 Coolpacks	7	58,3%	5	41,7%	12	100,0%
Tag2 1 Hilotherm	7	58,3%	5	41,7%	12	100,0%
2 Coolpacks	11	91,7%	1	8,3%	12	100,0%
Tag3 1 Hilotherm	4	33,3%	8	66,7%	12	100,0%
2 Coolpacks	8	66,7%	4	33,3%	12	100,0%
Tag4 1 Hilotherm	7	58,3%	5	41,7%	12	100,0%
2 Coolpacks	8	66,7%	4	33,3%	12	100,0%
Tag5 1 Hilotherm	11	91,7%	1	8,3%	12	100,0%
2 Coolpacks	11	91,7%	1	8,3%	12	100,0%
Tag6 1 Hilotherm	11	91,7%	1	8,3%	12	100,0%
2 Coolpacks	9	75,0%	3	25,0%	12	100,0%
Tag7 1 Hilotherm	8	66,7%	4	33,3%	12	100,0%
2 Coolpacks	8	66,7%	4	33,3%	12	100,0%

Tabelle 2: Fehlstellen bei der bimaxillären Operationsmethode

Verarbeitete Fälle: monomaxilläre Operationsmethode Variable Kühlung

Kühlungs- methode	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Tag1 1 Hilotherm	4	80,0%	1	20,0%	5	100,0%
2 Coolpacks	2	66,7%	1	33,3%	3	100,0%
Tag2 1 Hilotherm	4	80,0%	1	20,0%	5	100,0%
2 Coolpacks	3	100,0%	0	,0%	3	100,0%
Tag3 1 Hilotherm	2	40,0%	3	60,0%	5	100,0%
2 Coolpacks	1	33,3%	2	66,7%	3	100,0%
Tag4 1 Hilotherm	2	40,0%	3	60,0%	5	100,0%
2 Coolpacks	1	33,3%	2	66,7%	3	100,0%
Tag5 1 Hilotherm	3	60,0%	2	40,0%	5	100,0%
2 Coolpacks	2	66,7%	1	33,3%	3	100,0%
Tag6 1 Hilotherm	2	40,0%	3	60,0%	5	100,0%
2 Coolpacks	1	33,3%	2	66,7%	3	100,0%
Tag7 1 Hilotherm	1	20,0%	4	80,0%	5	100,0%
2 Coolpacks	1	33,3%	2	66,7%	3	100,0%

Tabelle 3: Fehlstellen bei der monomaxillären Operationsmethode

2.3 Peri- und postoperative Medikation

Alle Patienten wurden eine Woche stationär aufgenommen. Die Medikation war bei allen Patienten prä- und postoperativ einheitlich. Zu Beginn der Operation erhielten die Patienten eine Antibiotikagabe (1,5g Ampicillin und Sulbactam) sowie 250 mg Prednisolon. Die postoperative Medikation ist in Tabelle2 dargestellt.

Postoperativer Verabreichungstag	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
Medikament					
1 x 250mg Prednisolon	x	-	-	-	-
3 x 1,5g Ampicillin mit Sulbactam	x	x	x	x	x
3 x 600 Ibuprofen	x	x	x	-	-
1 x 40mg Pantoprazol	x	x	x	-	-

Tabelle 4: Übersicht über die postoperative Medikation

2.4 Kühlungsmethoden

Zur Verfügung standen zwei verschiedene Kühlungsmethoden. Eine Patientengruppe kühlte mithilfe von konventionellen Kühlkompressen von der Firma Flexxum® (Biomark GmbH, Rheinau, Deutschland), sogenannten Coolpacks (Abb. 1 B, D). Diese wurden flach im Gefrierfach gelagert. Laut Hersteller war so eine Elastizität des Gelinhaltes, der mit einer reißfesten Plastikfolie umschlossen war und sich in vier Kammern unterteilte, bis zu -12 C° gewährleistet. Die Größe betrug 7x38 cm. Nach circa zwei Stunden wurden die gebrauchten Coolpacks gewechselt. Die andere Probandengruppe kühlte mit einem von der Firma Hilotherm® (Hilotherm® GmbH, Argenbühl-Eisenharz, Deutschland) entwickelten Kühlungssystem (Hilotherm® *clinic*). Die Gesichtsmanschette (unten mit Steg) konnte durch ihre spezielle Form anatomisch passgenau aufgesetzt werden (Abb. 1 A, C). Bei den Manschettenfolien handelte es sich um ein latexfreies TPU (thermoplastisches Polyurethan) Material. Eine permanente Durchlaufkühlung mit destilliertem Wasser ermöglichte das konstante Halten der Temperatur im physiologischen Bereich. Dieser Temperaturbereich war einstellbar zwischen +10°C bis +38°C, der in 1°C-Schritten erhöht oder erniedrigt werden konnte. Zur Anwendung in der Studie kam eine konstante Temperatureinstellung von 16°C. Beide Kühlmethoden werden gemäß der Risikoklassifizierung für Medizinprodukte nach RKI (Robert-Koch-Institut) hinsichtlich der Art der Anwendung und dem sich daraus ableitenden Risiko als unkritisches Medizinprodukt eingestuft und müssen nach Gebrauch oberflächendesinfiziert werden. Die Patienten erhielten zur postoperativen Kühlung nach einem randomisierten Auswahlverfahren jeweils eine der beiden erwähnten Kühlungsmethoden zugewiesen und wurden nach Anwendungserklärung aufgefordert, das Kühlverfahren die ersten drei postoperativen Tage mindestens 18 Stunden, danach nach Belieben, anzuwenden.

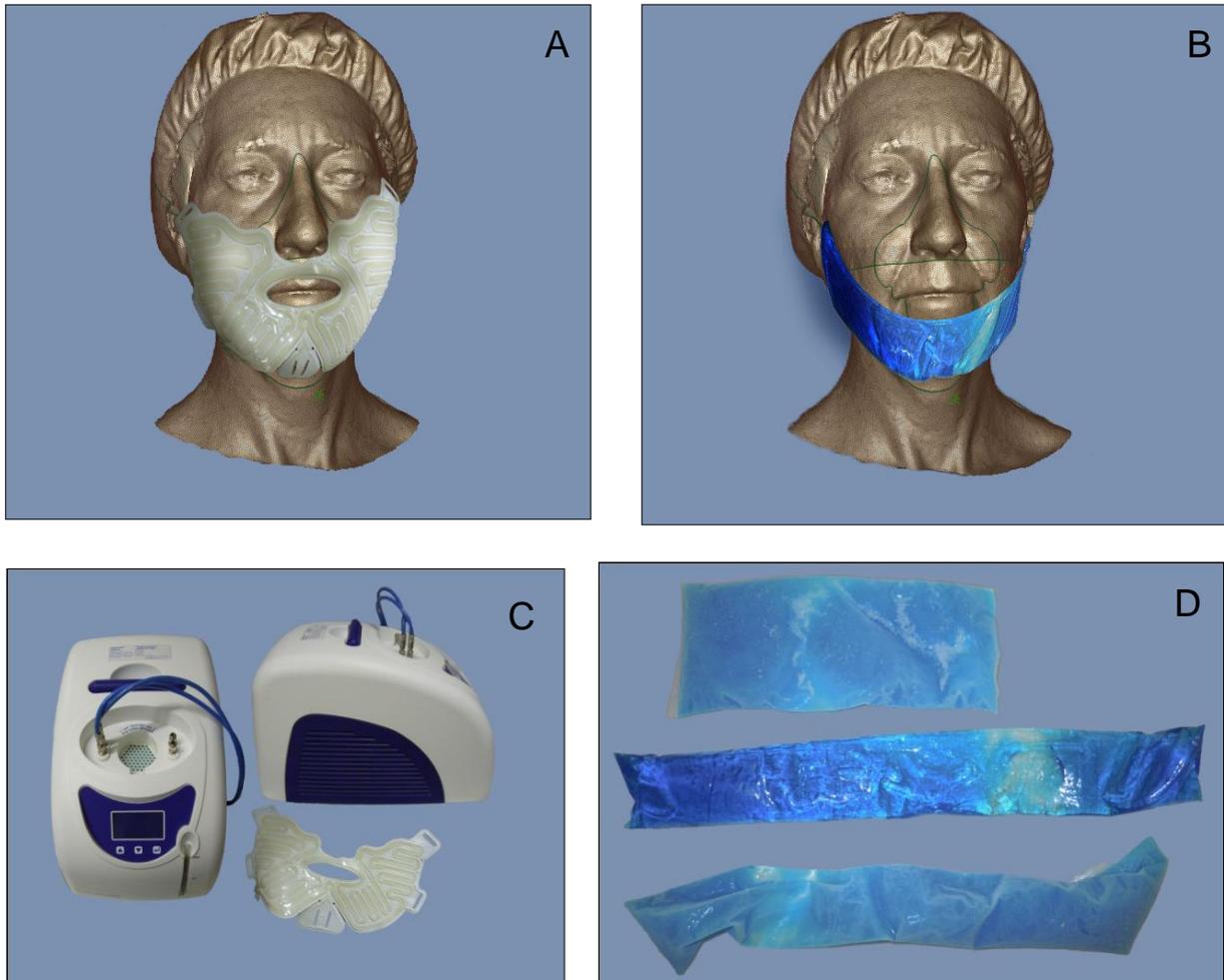


Abbildung 1: Hilotherm[®]-Gerät mit Gesichtsmaske (links A,C), Coolpacks (rechts B,D) mit beispielhafter Anwendung (oben A,B).

2.5 Dreidimensionale Photographie

2.5.1 3D-Kamerasystem

Die dreidimensionalen Photographien wurden mithilfe eines Kamerasystems von der Firma Canfield[®] (Canfield[®] Imaging Systems, Fairfield, USA) vorgenommen. Das Gerät war in der Lage, hoch auflösende Farbfotographie mit dreidimensionaler Oberflächengeometrie zu verbinden und darzustellen. Dies ermöglichte maßstabsgetreue biometrische Volumenanalysen.

Das Modell Canfield Scientific PCS-2 verfügte über bis zu 6 hochauflösende 3D-Einzelkameras mit mehreren Blitzlichtern, die in Synergie ein Oberflächenbild erstellen konnten (Abbildung 2). Das dreidimensionale Bild konnte in vertikaler und

horizontaler Richtung gedreht, beliebig geneigt oder gekippt sowie weit auf- oder ausgezoomt werden. Das Gerät verfügt über 3 Pods (Kameraaufsätze) mit je 36 Megapixel und einem integrierten Motor für Auf- und Abbewegung.



Abbildung 2: Kamera Vectra Canfield Scientific PCS-2

2.5.2 Software

Bei der Mirror[®]Suite handelt es sich um die Anwendersoftware des Canfield[®] Imaging Systems (Canfield[®] Imaging Systems, Fairfield, NJ, USA). Mit dem Modul Photo File[®] wurden Bilddaten der Kameras auf den PC übertragen und ein geometrisches 3D Modell mit einer fotorealistischen Oberflächenmaske erstellt. Diese konnten mit den PhotoTools[®] um 180° gedreht werden und in einer angefertigten Patientenkartei in verschiedenen Formaten (stl., wrl., tom., obj.) abgespeichert werden.

2.5.3 Kalibrierung

Bevor ein 3D Bild erstellt werden konnte, war es notwendig, eine Kalibrierung durchzuführen, um die Kameras korrekt miteinander zu verknüpfen. Dazu diente ein Rollwagen, der eine definierte Oberfläche mit einem Raster aufwies (Abbildung 3 A). Mithilfe eines speziell für den vorhandenen Bildschirm angefertigten Fadenkreuzes (Größe 8,5x11cm) konnten die mittleren Kameras nun zentriert werden, indem der Mittelpunkt des Rasters manuell auf das Fadenkreuz ausgerichtet wurde (Abbildung 3 B). Lagen beide Fadenkreuze deckungsgleich übereinander, wurde ein Foto ausgelöst. Im Anschluss wurde der Rollwagen um 90° gedreht und ein weiteres Foto in der gegenüberliegenden Ebene aufgenommen. Nach etwa fünf Minuten konnte aus den gewonnenen Daten ein Referenzbild errechnet werden, das alle Ebenen der sechs vorhandenen Kameras einbezog.

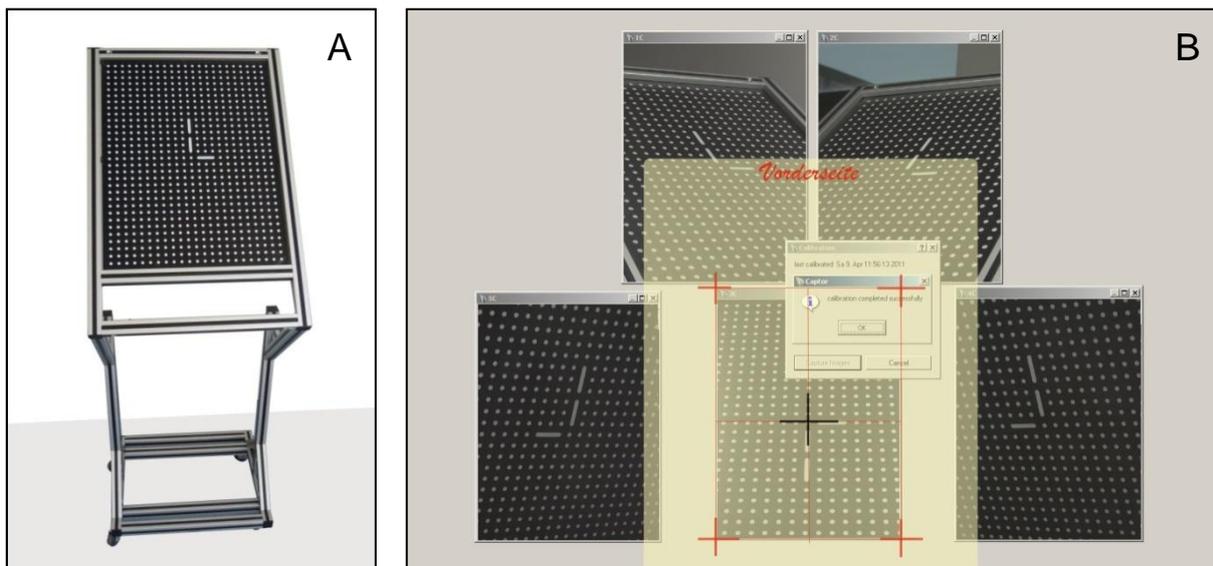


Abbildung 3: Rollwagen (A) für die Kalibrierung und Fadenkreuz am Computerbildschirm (B)

2.5.4 Aufnahme und Vorgehensweise

Die Patienten wurden angewiesen, eine grüne OP-Haube (Surgical Cap, PCS100, Barrier®, Mölnlycke Health Care GmbH, Erkrath-Unterfeldhaus, Deutschland) aufzusetzen und die Haare damit zu bedecken, da diese das Datenvolumen aufgrund der großen Oberfläche und des Detailreichtums erheblich erhöht und die Berechnung eines Bildes stark verzögert hätten. Dabei musste beachtet werden,

dass die Ohren nicht bedeckt wurden. Daraufhin wurden die Patienten gebeten, sich auf einen Stuhl zu setzen, der sich im Zentrum des Kamerafokus befand. Es wurde auf eine möglichst aufrechte Haltung geachtet. Der Mund sollte, sofern dies möglich war, stets geschlossen und die Augen geöffnet bleiben. Das Licht im Aufnahmebereich war ausgeschaltet, um eine Überbelichtung zu vermeiden. Nun wurden die sechs Kameras mithilfe des Aufnahmebuttons direkt am Computer oder mittels einer Fernbedienung betätigt, sodass alle sechs Kameras gleichzeitig mit vorhergehender Blitzlichtbeleuchtung auslösten. Nach einer 15-minütigen Berechnungsphase wurden alle gleichzeitig aufgenommenen zweidimensionalen Bilder punktweise abgetastet und mithilfe der Anwendersoftware (5 pod Mirror[®]) ein dreidimensionales Oberflächenbild konstruiert. Dieses wurde in drei verschiedenen Formaten (obj., tom., stl.) auf den Klinikumserver exportiert, um eine Datensicherung zu gewährleisten.

2.6 Quantitative Auswertung der dreidimensionalen Bilddaten

Für die Auswertung der dreidimensionalen Fotografien wurde die Software Alias[®] Automotive 2011 von Autodesk[®] (Autodesk[®] GmbH, München, Deutschland) verwendet. Es handelt sich dabei um ein Programm, das für den Bereich Industriedesign (Auto- und Karosseriekonstruktion) entwickelt wurde.

Für die nicht kommerzielle Nutzung gibt es die Möglichkeit, eine Nutzungslizenz bei dem Hersteller (Autodesk[®] GmbH) zu beantragen, welche Bildungsinstituten, Universitäten sowie Dozenten und Studenten die kostenlose Nutzung für drei Jahre ermöglicht.

2.6.1 Bezugspunkte, Ebenen und Landmarken

Der Volumenanteil des Gesichts mit der möglichst größten Schwellungszunahme sollte erfasst werden. Dieser befand sich vor allem im Bereich des Unterkiefers. Das Zusammenfügen von Schnittflächen ermöglichte die Erstellung einer Oberflächenmaske, die eine Volumenbestimmung erlaubte.

Um eine Ebene (Schnittfläche) konstruieren zu können, wurden drei Bezugspunkte benötigt.

Die Anforderung an die Bezugspunkte waren Reproduzierbarkeit und eine möglichst geringe Beeinflussung durch Mimik. Darüber hinaus sollte die Position im Raum durch den postoperativen Schwellungszustand möglichst nicht geändert werden. Außerdem musste ein Vorhandensein der Landmarken auf jeder Einzelaufnahme bei allen Patienten gewährleistet sein. Überlagerungen und Artefakte wurden vor allem durch Haare im Bereich der Ohren, dem nicht immer ganz geschlossenen Mund (bedingt durch Schwellung und/oder postoperative Splinte) oder der OP Haube verursacht. Diese Bereiche mussten daher möglichst ausgespart werden.

Die erste Ebene wurde durch den Bezugspunkt Subnasale, Subaurale links und rechts aufgezo-gen und befand sich in der Transversalebene (horizontal).

Die zweite Ebene entstand durch den Weichteilpunkt Glabella, Cheilion links und rechts und bildete die Frontalebene.

In der dritten Ebene wurden die Landmarken Subaurale links und rechts sowie das Gonion (im Mittel aus beiden Seiten) verwendet, womit diese die Sagittalebene (vertikal) abdeckte (Abb. 4 und 5).

Die Ebenen mit den entsprechenden Bezugspunkten sind in Tabelle 5 aufgeführt.

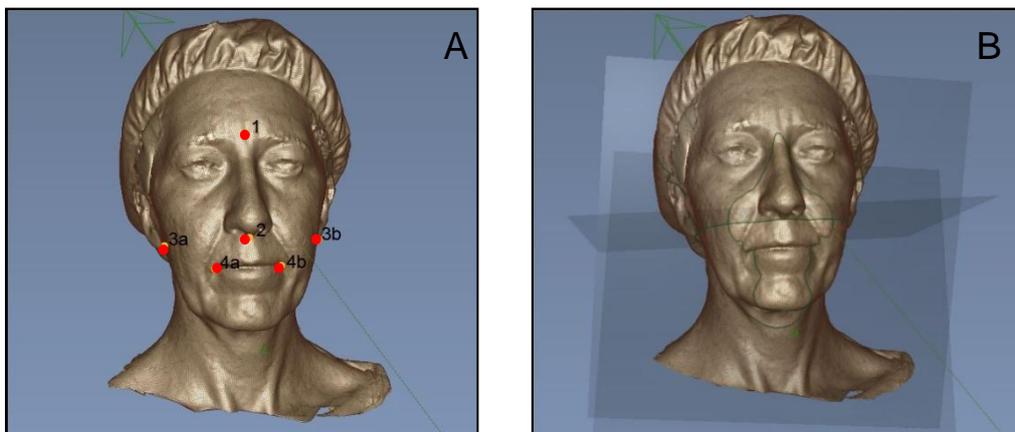


Abbildung 4: Ebenen (B) durch Bezugspunkte (A) gezogen, Ansicht von frontal

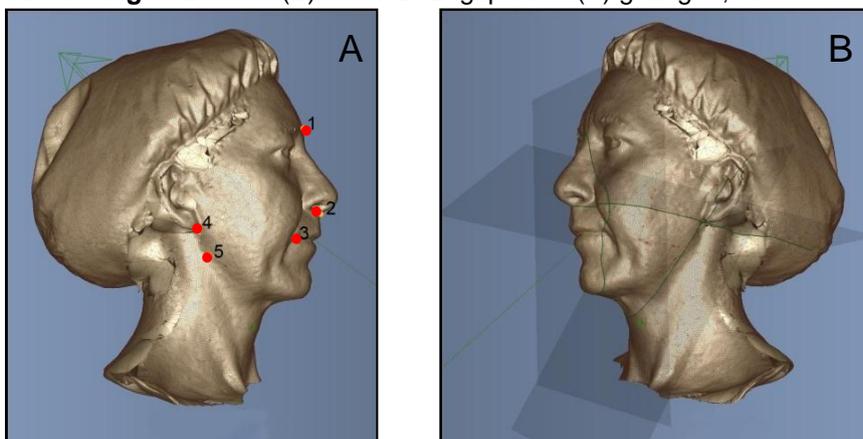


Abbildung 5: Ebenen (B) durch Bezugspunkte (A) gezogen, Ansicht von sagittal

Schnittflächen des 3 D Modells. Räumliche Lage	Kieferorthopädische Bezugspunkte	Kephalometrische Definition der Weichteillandmarken nach Swennen, (2006)
Ebene 1 Transversalebene	Subnasale	Mittelpunkt der nasolabialen Weichteilkontur zwischen Collumella und Oberlippe.
	Subaurale links	Tiefster Punkt des freien Ohrläppchens links
	Subaurale rechts	Tiefster Punkt des freien Ohrläppchens rechts
Ebene 2 Frontalebene	Glabella	Der am weitesten anterior gelegene Mittelpunkt der orbito-frontalen Weichteilkontur
	Cheilion links	Mundwinkel links
	Cheilion rechts	Mundwinkel rechts
Ebene 3 Sagittalebene	Subaurale links	“ ”
	Subaurale rechts	“ ”
	Gonion (im Mittel)	Der am weitesten lateral gelegene Punkt der Weichteilkontur des Unterkieferwinkels.

Tabelle 5: Definition der verwendeten anatomischen Landmarken

2.7 Auswertung der postoperativen Schwellung

Zunächst wurden die Netzdateien (mesh) in das Programm Alias[®] Automotive importiert. Kleine Artefakte, die aufnahmebedingt entstanden, wie beispielsweise Löcher in der Gitterstruktur, konnten markiert werden (Abb. 6). Mithilfe von verschiedenen Anwenderwerkzeugen (Tools) war es möglich, einerseits Brücken manuell zu erstellen und somit die Löcher zu füllen, andererseits mittels einer interpolierenden Funktion des Systems, die Löcher selbständig zu schließen. Das Volumen des Ausgangsmodells stellt eine Aufnahme dar, die ein halbes Jahrpostoperativ aufgenommen wurde, da zu diesem Zeitpunkt ein vollständiger Schwellungsrückgang zu erwarten war.

Im nächsten Schritt wurden die zuvor beschriebenen Ebenen als rechteckige Fläche aufgezo-gen und an den Landmarken manuell positioniert. Dieses Verfahren wurde jeweils an allen Aufnahmen post OP durchgeführt und als Startmodell bzw. Referenzbild gespeichert (Abb. 4 und 5).

In das Projekt „Startmodell“ wurde ein zweites Bild (jeweils 1., 2., 3., 4., 5. Tag) mit einem Schwellungszustand importiert. Um die konstruierten Ebenen von dem Startmodell möglichst genau auf das Schwellungsbild übertragen zu können, wurden die Patientendarstellungen deckungsgleich übereinander gelegt. Dazu wurden Punkte an beiden 3D-Aufnahmen markiert, die die Software im nächsten Schritt selbstständig übereinander legen konnte. Die Genauigkeit wurde in einem zweiten Schritt erhöht, indem eine weitere Fläche auf Höhe der Stirnregion markiert wurde und wiederum interpoliert wurde.

Das Startmodell konnte nun aus den Ebenen herausgelöst werden und in einem Modus „nicht sichtbar“ zwischengespeichert werden. Um die Ebenen auf die Oberflächentextur des Bildes zu übertragen, wurde eine Linie gezogen. Diese konnte dann an allen drei Ebenen herausgeschnitten werden, bis der zu untersuchende Bereich übrig blieb.

Nun konnte das Restvolumen markiert werden und ein Wert in mm³ ermittelt werden (Abb. 7-9).

Abbildung 10 und 11 zeigen vergleichend die Schwellungszustände der postoperativen Untersuchungstage.

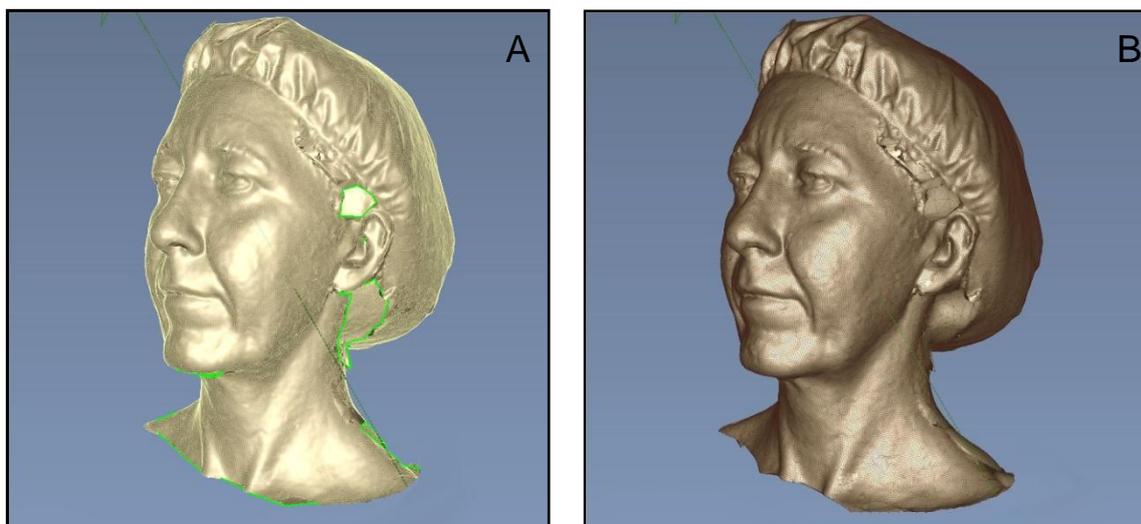


Abbildung 6: Artefakte werden interpolierend geschlossen (A, B)



Abbildung 7: übereinander gelegte Schwellungszustände (A), Orange stellt den Schwellungszustand 1 Tag post OP dar, in Grau ist das Referenzbild ein halbes Jahr post OP dargestellt (B)

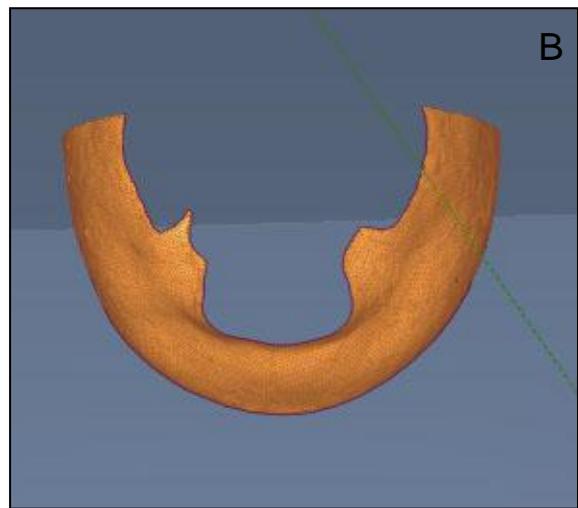


Abbildung 8: ausgeschnittene Oberflächenmaske 1 Tag post OP (A) Fusion mit dem Referenzbild, Ansicht von vorne (B)

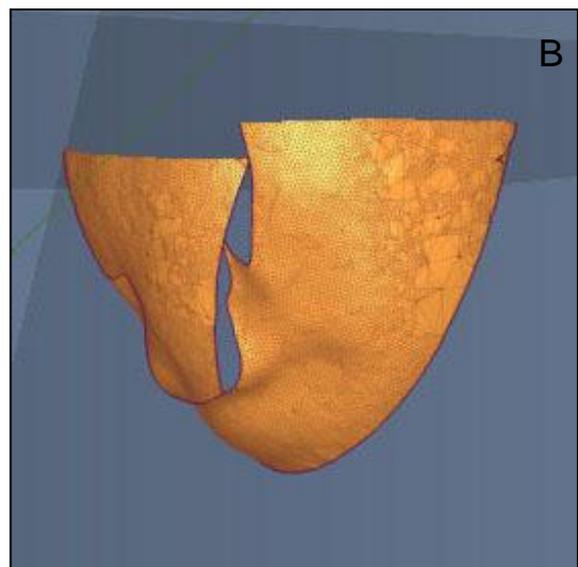
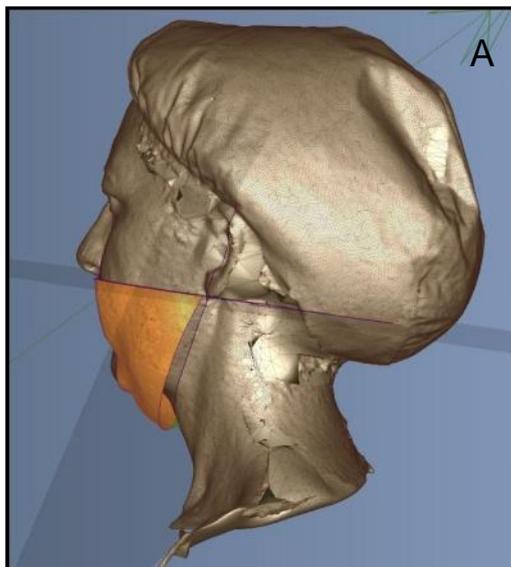


Abbildung 9: ausgeschnittene Oberflächenmaske 1 Tag post OP (A) Fusion mit dem Referenzbild, Ansicht von der Seite (B)

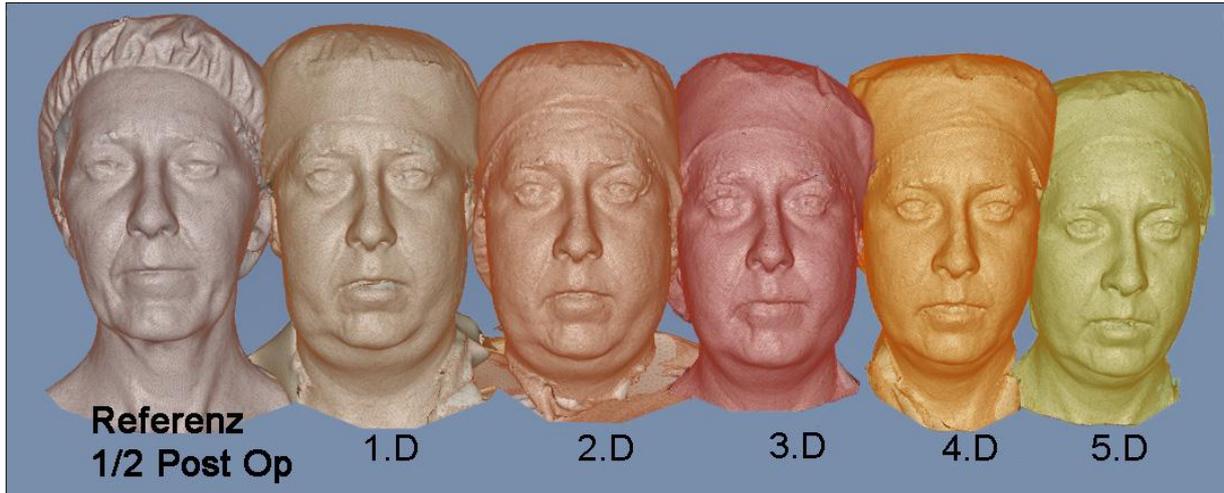


Abbildung 10: Darstellung des Referenzbildes von frontal und Schwellungszustände fünf Tage postoperativ

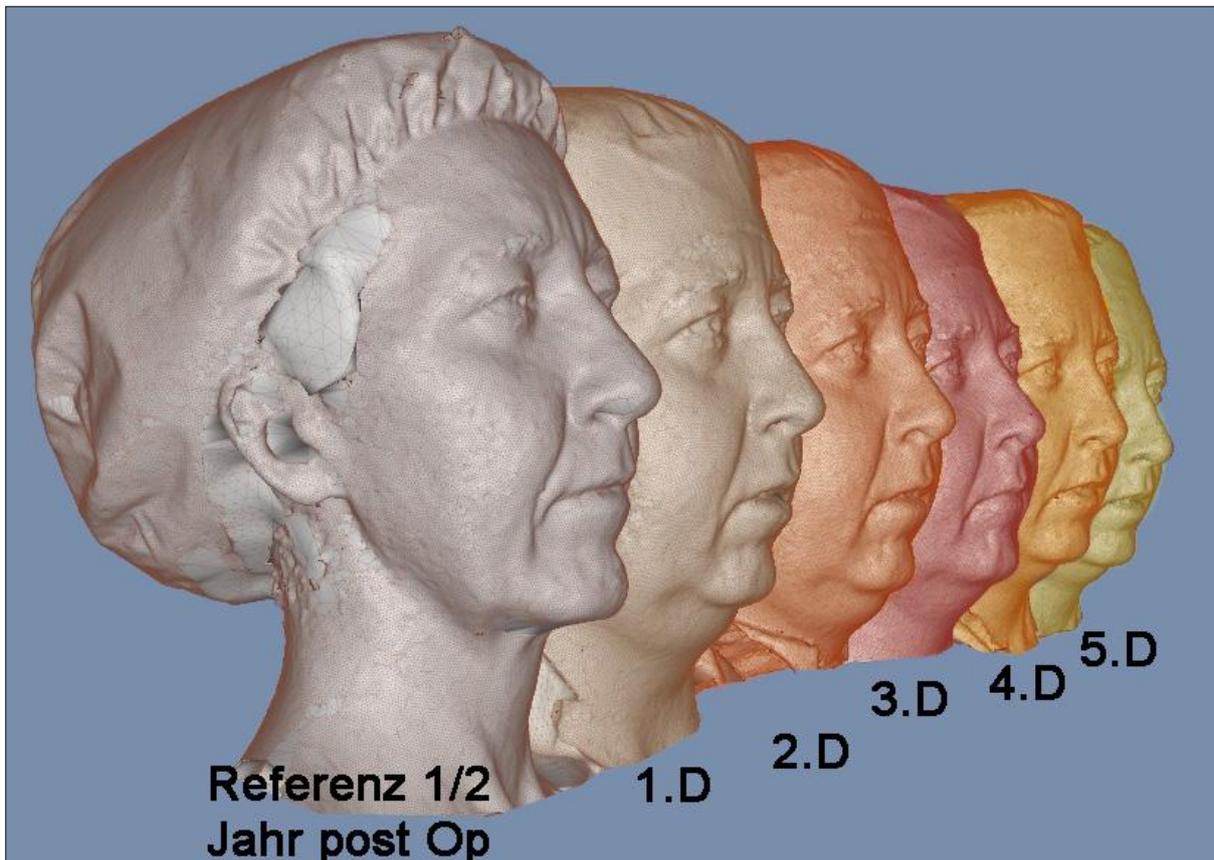


Abbildung 11: Referenzbild seitlich und Schwellungszustände fünf Tage postoperativ

2.8 Auswertung des postoperativen Schmerzes

Die über die in Abschnitt 2.3 beschriebene Basismedikation hinausgehende Schmerzmedikation wurde nach individueller Gabe sieben Tage postoperativ separat erfasst und ausgewertet.

2.8.1 Statistische Analyse

Die erhobenen Daten wurden durch Mittelwerte, Mediane und Häufigkeiten zusammengefasst und grafisch dargestellt. Mithilfe des nichtparametrischen Wilcoxon-Mann-Whitney Tests wurden die Stichproben auf signifikante Unterschiede zwischen zwei Verteilungen untersucht werden (Wilcoxon, 1947, Whitney, 1947).

Mit dem Kruskal-Wallis-Test konnten anders als beim U-Test auch mehrere Gruppen untersucht werden. Dieses Verfahren testet, ob unabhängige Stichproben hinsichtlich einer ordinalskalierten Variable einer gemeinsamen Population entstammen.

Der Zusammenhang zwischen stetigen intervallskalierte Variablen wurde mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Spearman untersucht.

Die Operationsmethoden wurden getrennt voneinander betrachtet, da das Operationsfeld und die Wundfläche bei der bimaxillären Operation deutlich größer sind. Aufgrund von Fehlstellen und des relativ kleinen Patientenkollektivs der monomaxillären Operationsmethode erfolgte lediglich eine deskriptive Darstellung der Daten.

Die statistische Analyse wurde mit der Software SPSS für Windows (IBM® SPSS® Statistics Version 21 trial, Armonk, New York, United States) durchgeführt. Ein Wert $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant bezeichnet ohne Berücksichtigung des multiplen Testproblems.

3 Ergebnisse

3.1 Postoperative Schwellung

Untersucht wurde das relative postoperative Schwellungsvolumen über einen Zeitraum von sieben Tagen jeweils in Betrachtung der bimaxillären und der monomaxillären Operationsmethode.

3.1.1 Bimaxilläre Operation

3.1.1.1 Kühlungsmethode

Die Auswertung der Mittelwerte zeigte eine starke Volumenveränderung des Gesichts über die Zeit, wobei Werte zwischen 10 und 25% gemessen wurden. Im Zeitverlauf wiesen die Mittelwerte der Schwellungsvolumen beider Kühlungsmethoden eine absteigende Tendenz auf, wobei die stärkere Schwellungsabnahme gleich zu Beginn zu beobachten war. Ein globales Maximum (~24%) zeigte sich am zweiten postoperativen Tag. Ein weiteres lokales Maximum (~16%) zeigte sich an Tag vier. Die Verlaufskurven beider Kühlungsmerkmale wiesen qualitative Parallelen auf. Jedoch waren die Peaks bei Kühlung 2 (Coolpacks) etwas schwächer ausgeprägt. In der unmittelbaren postoperativen Phase (Tag 1 und 2) zeigte sich ein beinahe identischer Schwellungsverlauf. Ab dem 3. postoperativen Tag war eine stärkere Schwellungsabnahme in der Hilotherm[®]-Gruppe zu beobachten (Abb. 12).

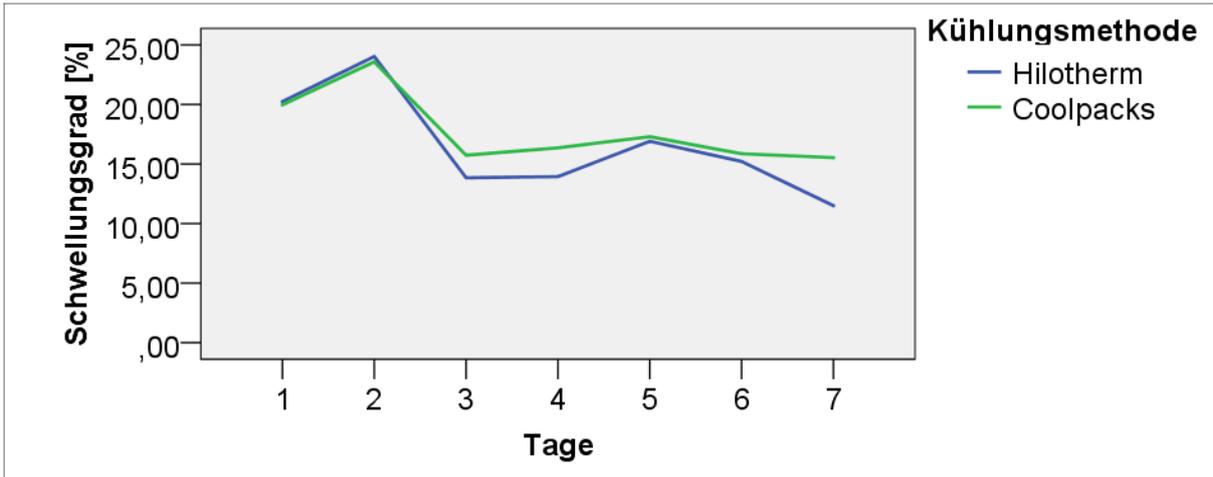


Abbildung 12: Darstellung der mittleren Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Kühlungsmethode bei bimaxillärer Operationsmethode

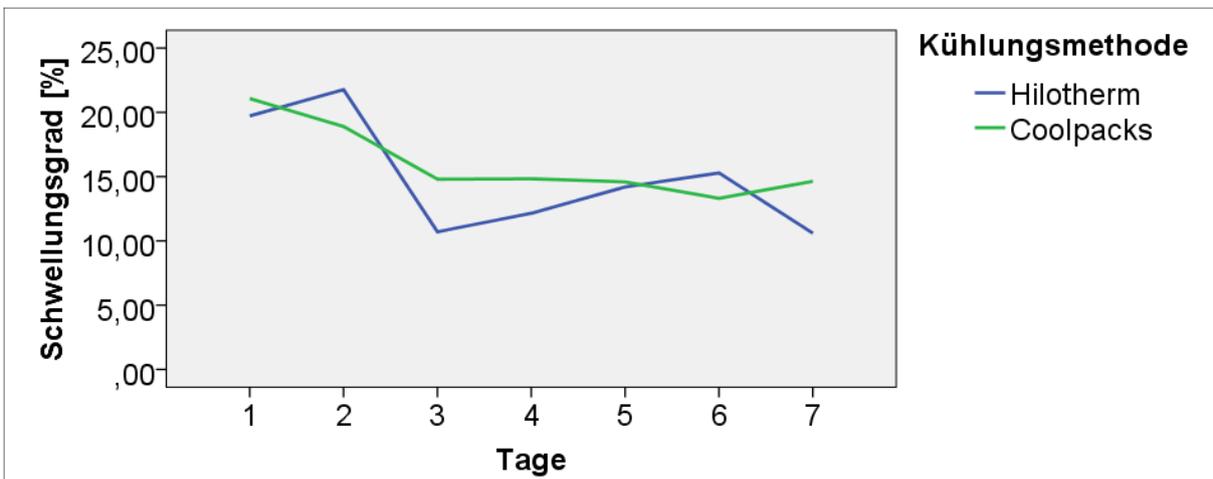


Abbildung 13: Darstellung der medianen Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Kühlungsmethode bei bimaxillärer Operationsmethode

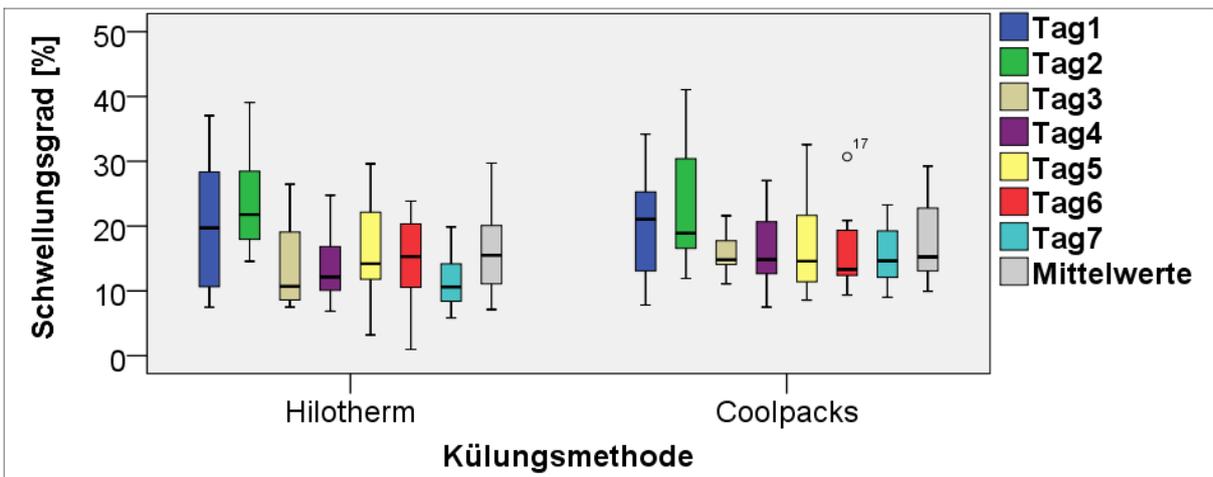


Abbildung 14: Abbildung der mittleren Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Kühlungsmethode bei bimaxillärer Operationsmethode

Das Boxplot-Diagramm (Abb. 14) zeigt die große interindividuelle Spanne an Schwellungswerten in beiden untersuchten Gruppen und allen Untersuchungszeitpunkten.

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Kühlungsmethoden weder pro Tag noch in den Kenngrößen (Mediane der Tage eins bis sieben Abb. 13) festgestellt werden. An den einzelnen postoperativen Tagen waren alle Werte $p > 0,05$ somit konnte die Nullhypothese behalten werden.

3.1.1.2 Geschlecht

Die Aufzeichnung in Abbildung 15 und 16 zeigte geringe Unterschiede in Bezug auf das Merkmal-Geschlecht. An den postoperativen Tagen 3, 4, 5 und 6 zeigte sich eine schwache Tendenz zu einer erhöhten Schwellung bei Frauen, die an Tag vier die höchste Ausprägung erreichte. Lediglich an den Tagen 1 ($p= 0,91$) und 7 ($p= 0,96$) zeigte sich eine schwach erhöhte Schwellung bei Männern.

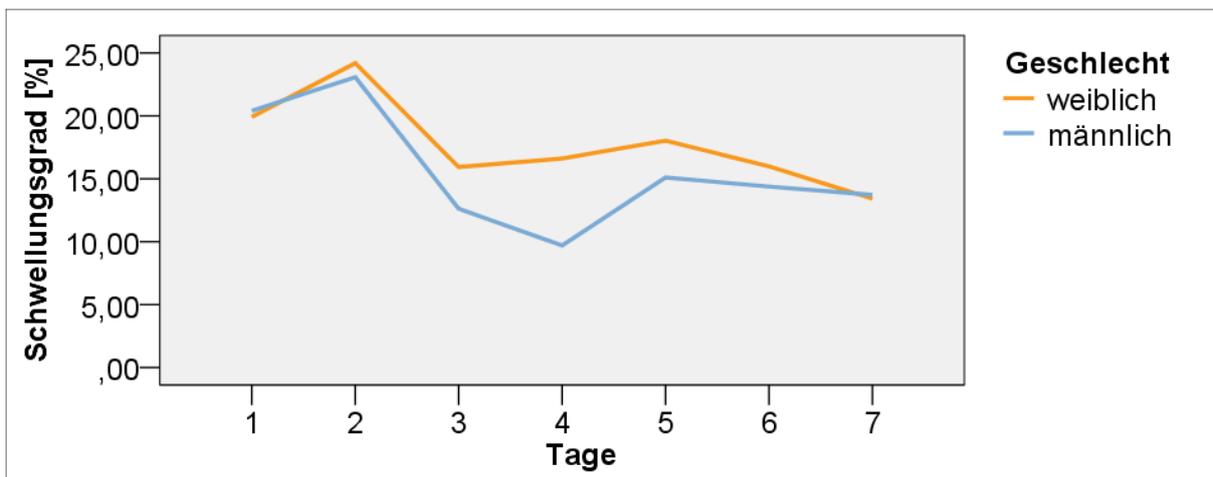


Abbildung 15: Darstellung der mittleren geschlechtsspezifischen Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei bimaxillärer Operationsmethode

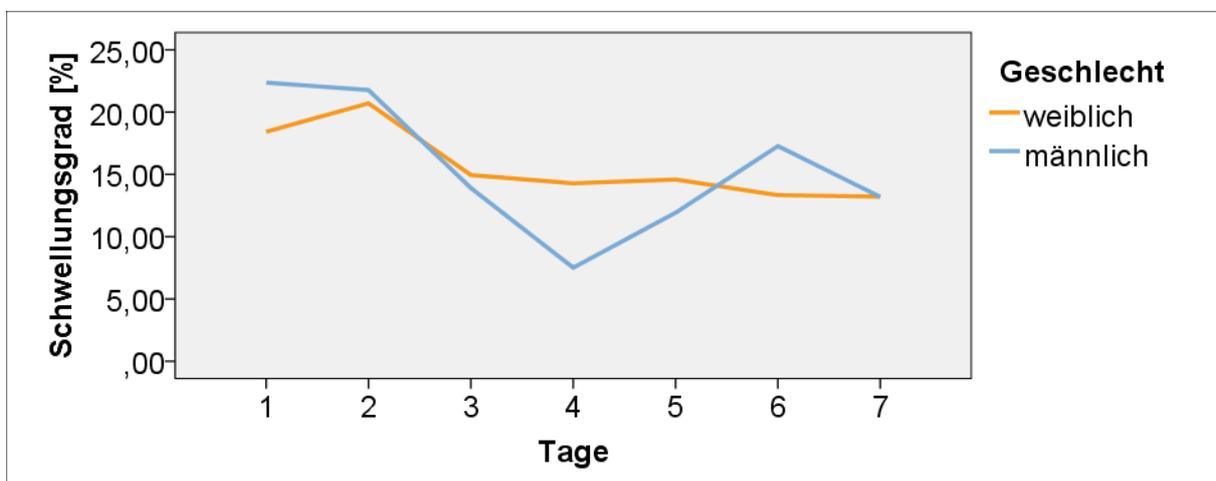


Abbildung 16: Darstellung der medianen geschlechtsspezifischen Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei bimaxillärer Operationsmethode

Der nicht parametrische U-Test zeigte jedoch keine Signifikanz ($p= 0,46$).

3.1.1.3 Operationsdauer

Die Untersuchung des Merkmals „Operationsdauer“ zeigte keinen Zusammenhang zu der später vorhandenen Schwellung (Abb. 17). Die höchste Schwellung zeigte sich bei einem Patienten, der die drittkürzeste Operationszeit aufwies. Maximalwerte von bis zu 30% wurden sowohl bei kurzen Eingriffen, als auch bei langandauernden Operationen erreicht.

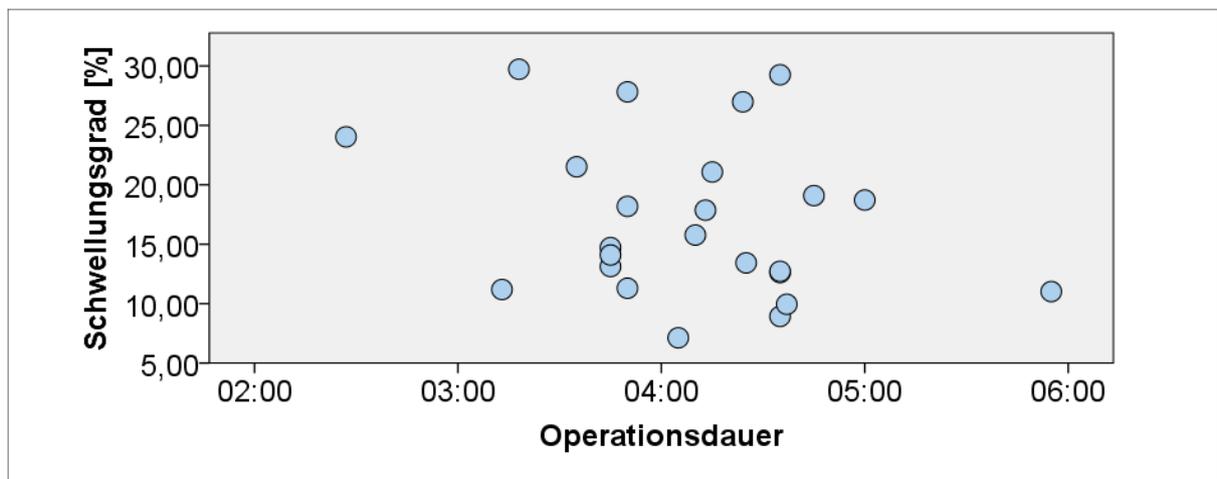


Abbildung 17: Darstellung der mittleren Schwellungsgrade aller bimaxillär operierten Patienten in Bezug auf die Operationsdauer

Die Analyse zeigte, dass die Operationsdauer keinen signifikanten Einfluss ($p=0,22$) auf das postoperative Schwellungsverhalten der bimaxillären Operationsmethode hatte.

3.1.1.4 Patientenalter

Die Untersuchung des Patientenalters zeigte eine Tendenz zu größeren Schwellungen sowohl bei älteren (> 39 Jahren), als auch bei den jüngeren (18-20 Jahre) Patienten des Untersuchungskollektivs. Abbildung 18 veranschaulicht ähnliche Schwellungswerte (15-20%) in der Gruppe der 20-35 jährigen Patienten.

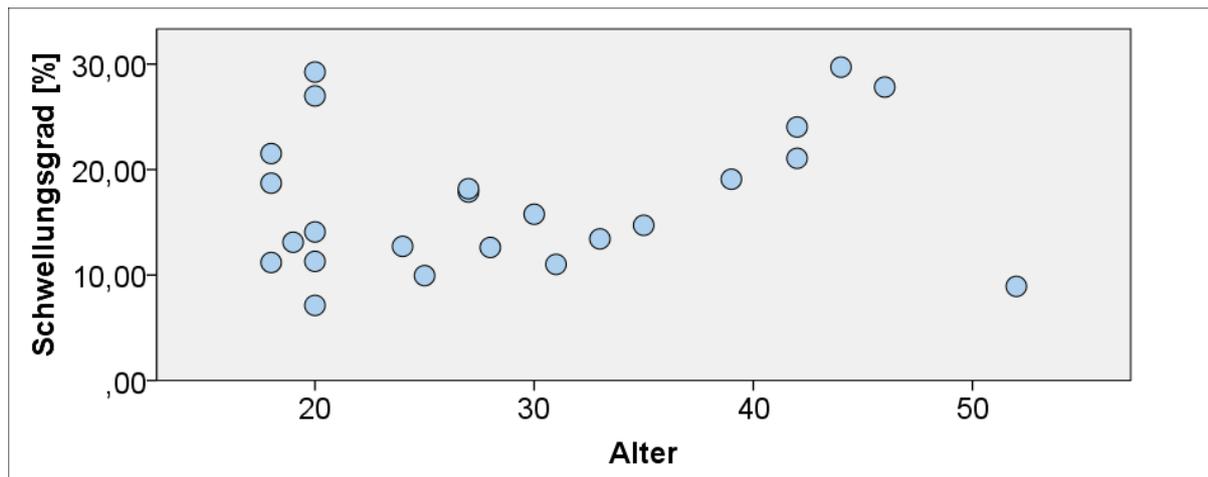


Abbildung 18: Darstellung der mittleren Schwellungsgrade aller bimaxillär operierten Patienten in Bezug auf das Patientenalter

Es konnte keine Signifikanz bestätigt werden ($p=0,28$). Dies lässt darauf schließen, dass das Patientenalter keinen Einfluss auf die Schwellungszustände gehabt hat.

3.1.2 Monomaxilläre Operation

Bedingt durch die geringe Fallzahl und Fehlstellen (Tab. 4 und 5) bei der monomaxillären Operationsmethode erfolgt eine deskriptive Auswertung der vorliegenden Daten, diese veranschaulichen lediglich eine Tendenz.

3.1.2.1 Kühlungsmethode

Bei der Betrachtung der Mittelwerte und der Mediane der Schwellungen ist ein abnehmender Verlauf mit einem lokalen Maximum bei beiden Kühlungsmethoden an Tag drei zu erkennen (Abb. 19,20). Die Diagramme weisen eine stärkere Schwellungsabnahme im Verlauf bei der Kühlungsmethode mit dem Hilotherm[®] Gerät auf.

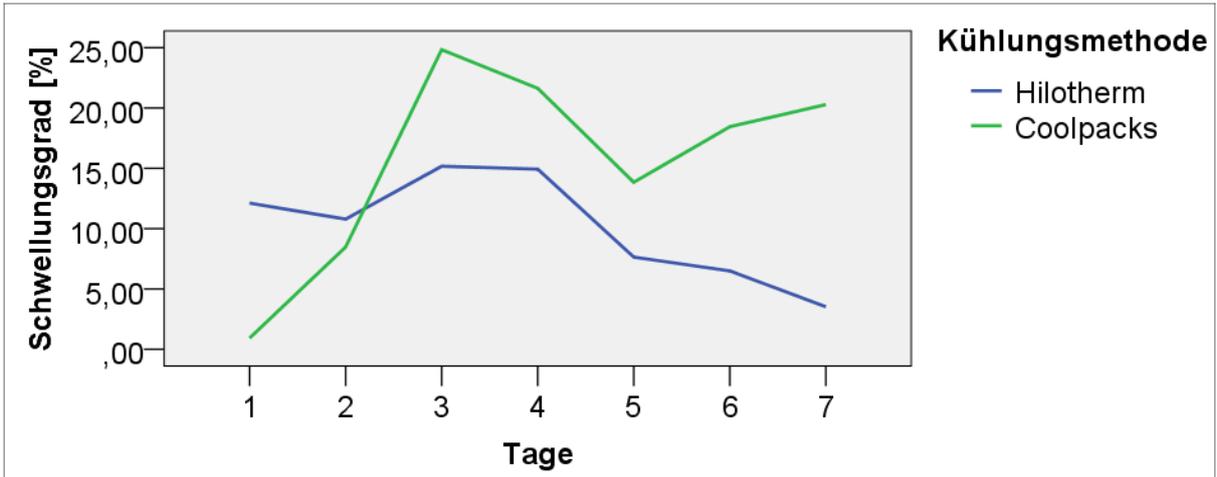


Abbildung 19: Darstellung der mittleren Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Kühlungsmethode bei monomaxillärer Operationsmethode

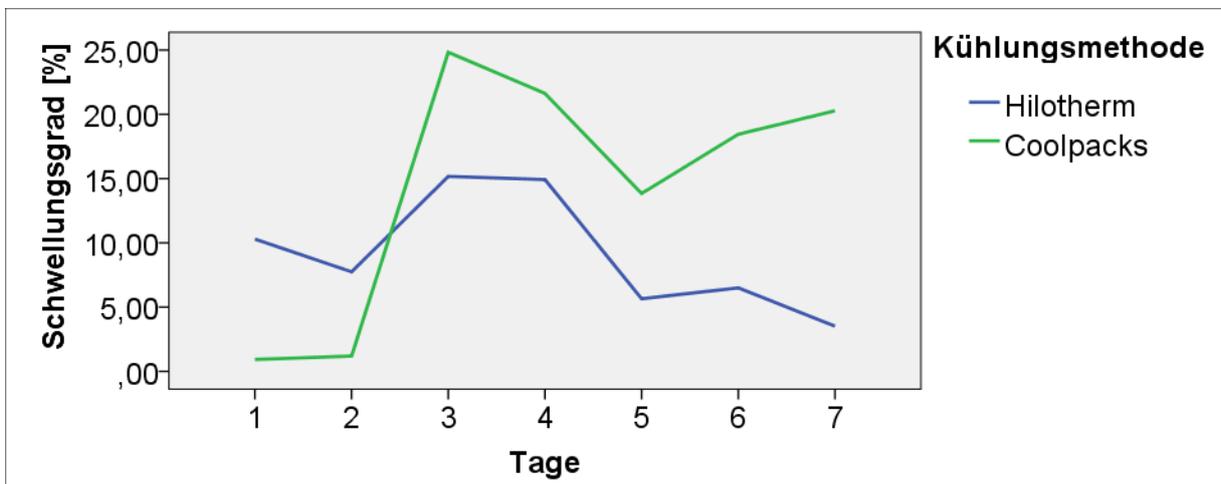


Abbildung 20: Darstellung der medianen Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Kühlungsmethode bei monomaxillärer Operationsmethode

3.1.2.2 Geschlecht

Abbildung 21 und 22 zeigen starke Unterschiede im Schwellungsverhalten der einzelnen Patienten auf. An Tag 3, 4 und 5 zeigen die weiblichen Teilnehmer einen qualitativ höheren Schwellungsgrad während an Tag 1 ein schwach erhöhter Schwellungsgrad bei den Männern festzustellen ist. An Tag 2 zeigten sich keine Unterschiede. Für Tag 6 und 7 lagen keine Daten bei den männlichen Patienten vor.

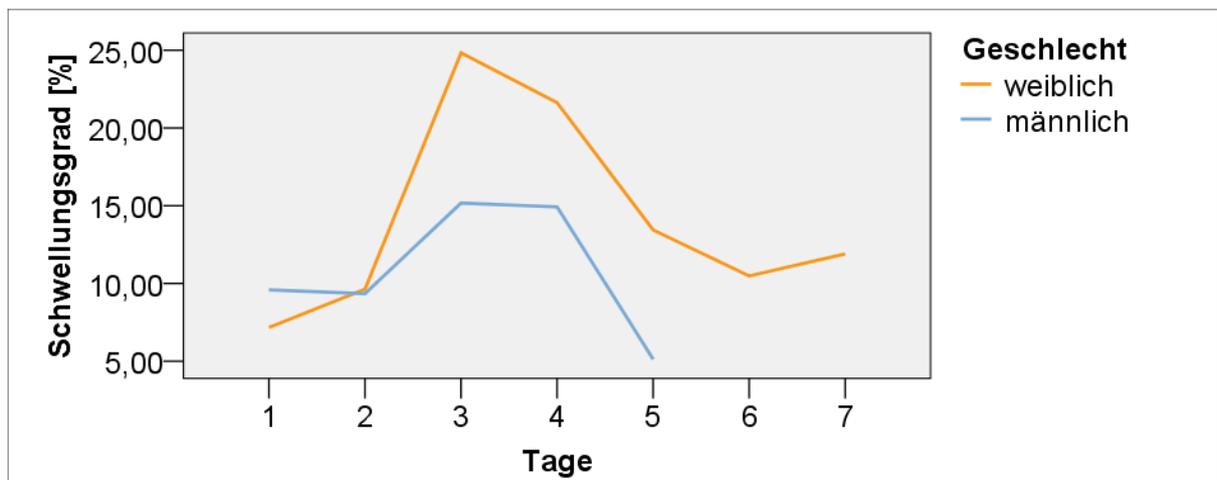


Abbildung 21: Darstellung der mittleren geschlechtsspezifischen Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei monomaxillärer Operationsmethode

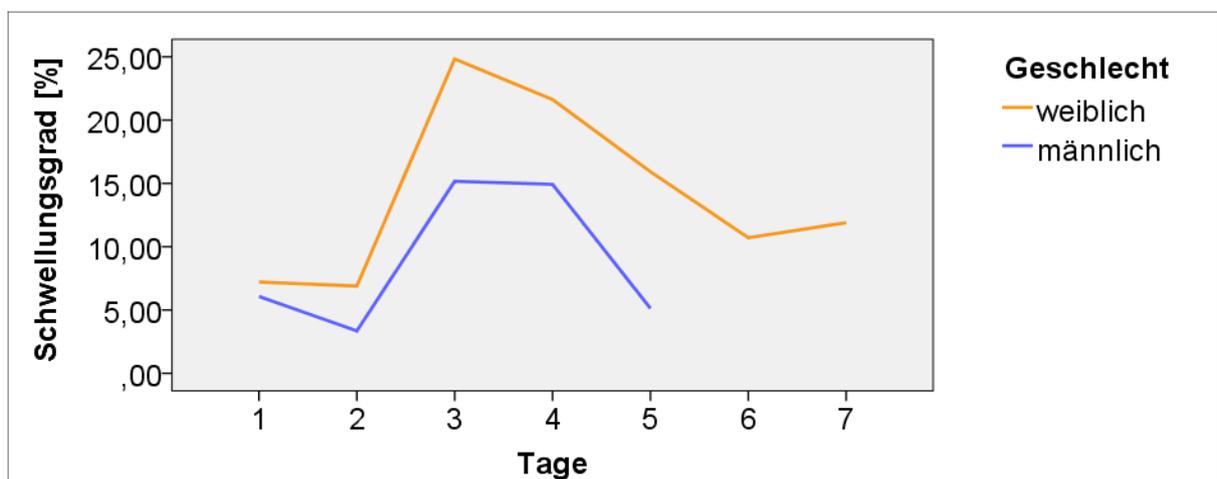


Abbildung 22: Darstellung der medianen geschlechtsspezifischen Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei monomaxillärer Operationsmethode

3.1.2.3 Operationsdauer

Im Streudiagramm ist aufgrund der weiten Verteilung der erhobenen Daten keine Abhängigkeit des Merkmals „Operationsdauer“ zu erkennen (Abb. 23). Maximalwerte von bis zu 23% werden sowohl bei einer Operationsdauer von 2:25 h als auch bei 3:15 h erreicht.

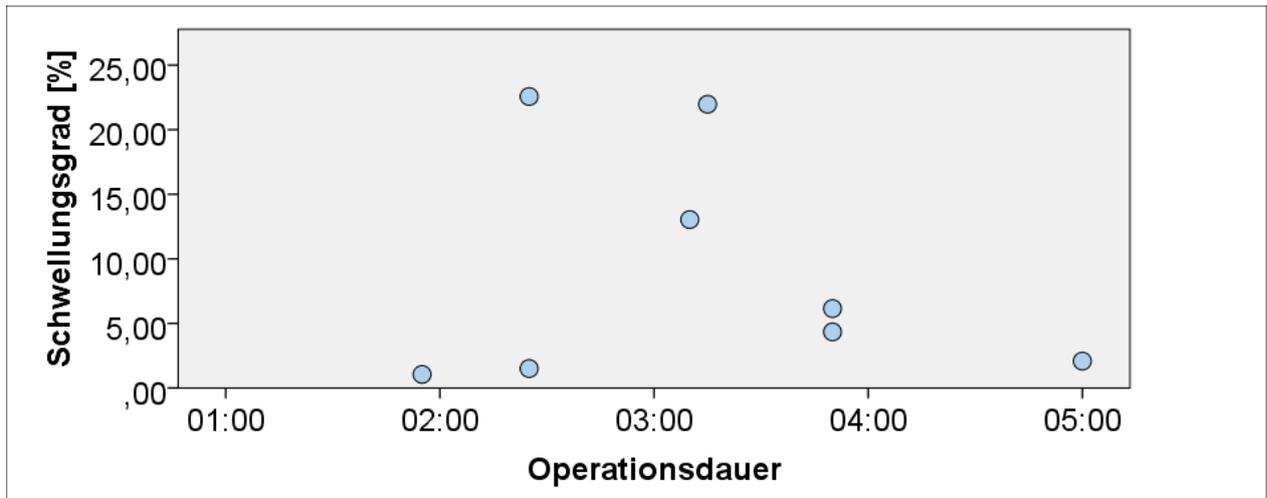


Abbildung 23: Darstellung der mittleren Schwellungsgrade aller monomaxillär operierten Patienten in Bezug auf die Operationsdauer

Das Merkmal Patientenalter wies keine Signifikanz in Bezug auf das postoperative Schwellungsverhalten auf ($p= 0,46$).

3.1.2.4 Patientenalter

Die Schwellungsvolumina aller monomaxillär operierten Patienten waren nicht altersabhängig. In Abbildung 20 ist dargestellt, dass Maximalwerte sowohl von jüngeren (17Jahre) als auch von älteren Patienten (53Jahre) erreicht werden.

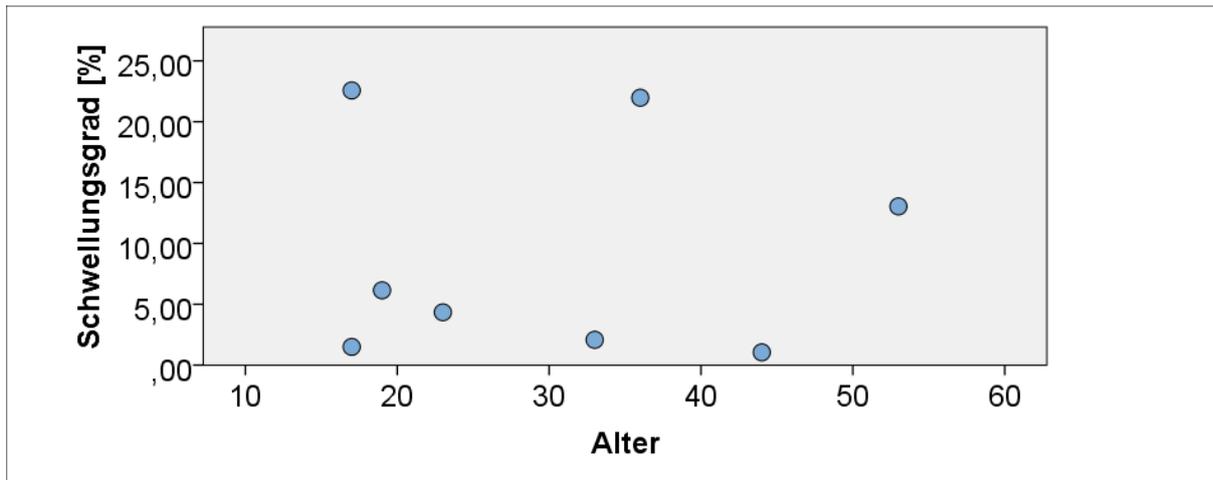


Abbildung 24: Darstellung der mittleren Schwellungsgrade aller monomaxillär operierten Patienten in Bezug auf das Patientenalter

Es konnte keine signifikante Einflussnahme des Merkmals Patientenalter auf das Schwellungsverhalten ermittelt werden ($p=0,48$).

3.1.3 Analyse der Schwellungen im Vergleich bimaxillärer zu monomaxillärer Operationsmethode

Im Vergleich der Schwellungsvolumen sieben Tage postoperativ zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden durchgeführten Operationsmethoden. Zwar weisen beide Schwellungsverläufe eine absteigende Tendenz (Abb. 25, 26) auf, dennoch erreicht Operation 1 erst einen Tag später das globale Schwellungsmaximum. Zudem sind die durchschnittlichen Schwellungsgrade bei Methode 2 (24%-14%) deutlich höher als bei Methode 1 (18%-7%) (Abb. 27).

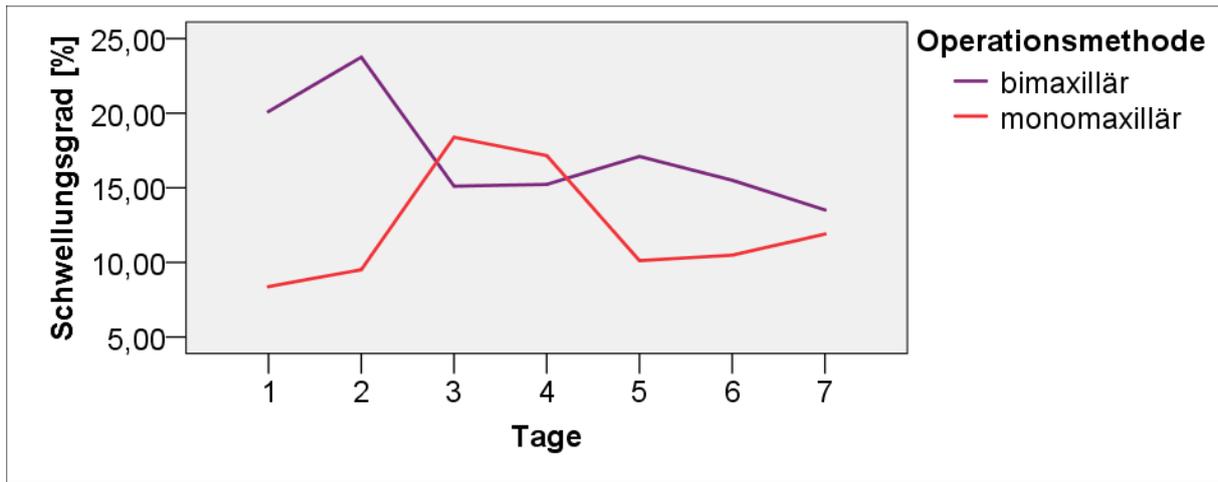


Abbildung 25: Darstellung der mittleren Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Operationsmethode

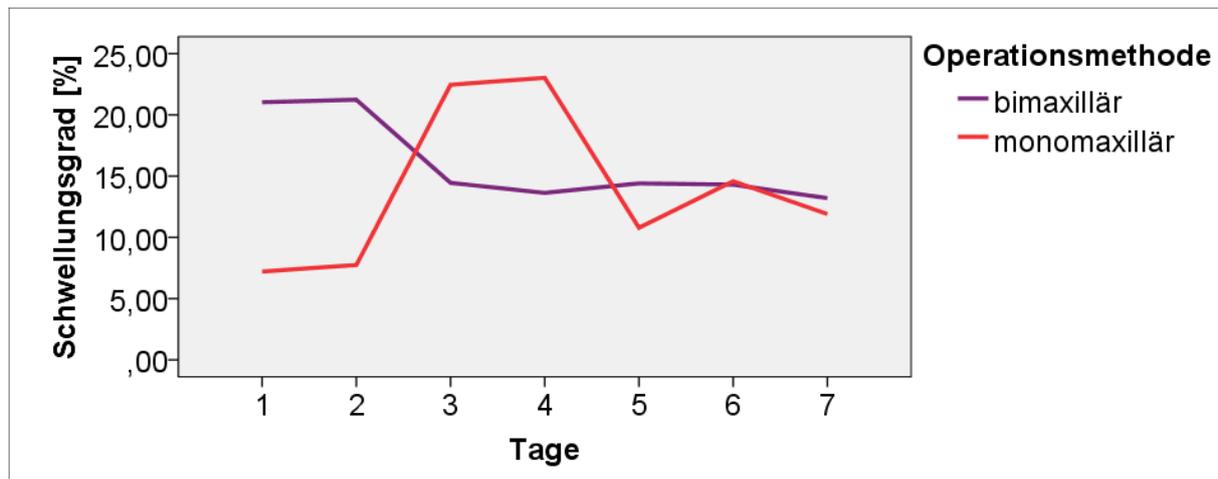


Abbildung 26: Darstellung der medianen Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Operationsmethode

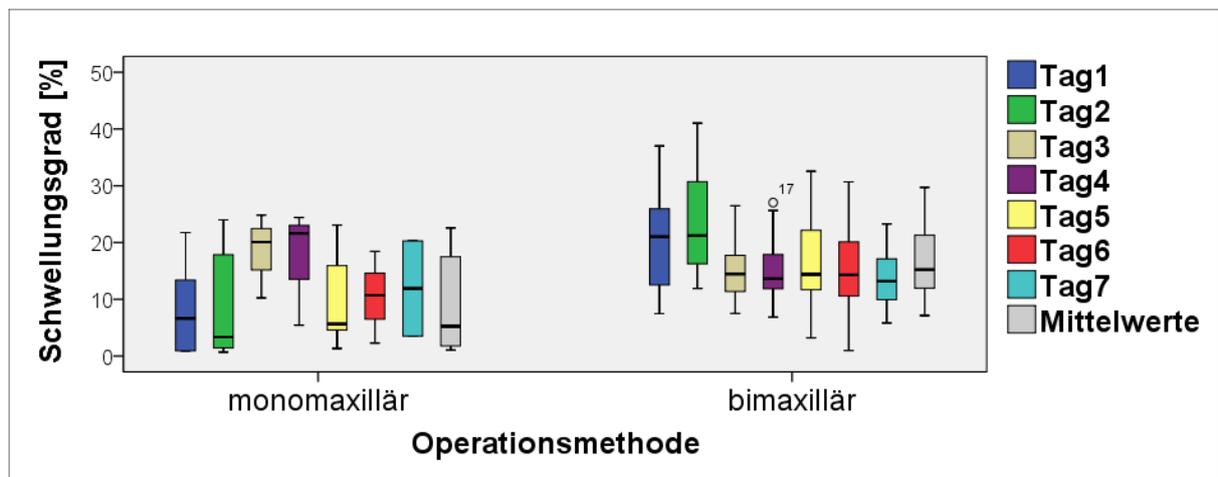


Abbildung 27: Abbildung der mittleren Schwellungszustände aller Patienten pro Tag bei unterschiedlicher Operationsmethode

Postoperativ kann sowohl an Tag eins ($p=0,01$) und Tag zwei ($p=0,01$) sowie bei dem Mittelwert der Tage eins bis sieben ($p=0,03$), die Nullhypothese abgelehnt

werden. Die nichtparametrische Untersuchung ergibt eine Signifikanz zwischen den verschiedenen Operationsmethoden. An den Tagen drei bis sieben gibt es keine signifikanten Schwellungsunterschiede (Tag 3 $p=0,54$, Tag 4 $p=0,91$, Tag 5 $p=0,15$, Tag 6 $p=0,4$, Tag 7 $p=0,94$) zwischen den Operationsmethoden. Zu berücksichtigen sind jedoch die relativ großen Fallzahlunterschiede beider Operationsmethoden.

3.2 Postoperativer Schmerz

3.2.1 Bimaxilläre Operation

3.2.1.1 Kühlungsmethode

Bei der Betrachtung des durchschnittlichen Schmerzmittelbedarfs über die Basismedikation zeigt sich im Balkendiagramm (Abb. 28), dass es bei der bimaxillären Operationsmethode deutliche Unterschiede zwischen den Kühlungsmethoden gibt. In der Kühlungsgruppe 1 (Hilotherm[®]) wurden weniger Schmerzmittel benötigt als in der Kühlungsgruppe 2 (Coolpacks). Dies deutet darauf hin, dass das Hilotherm[®]-Gerät eine effektivere Schmerzlinderung bewirkt hat.

Maximalwerte werden bei der Medikamentengruppe Metamizol erreicht. Hier beträgt die Differenz im Schnitt 3 Einzeldosen pro Tag. Weniger ausgeprägt ist die Bilanz in der Piritramidgruppe.

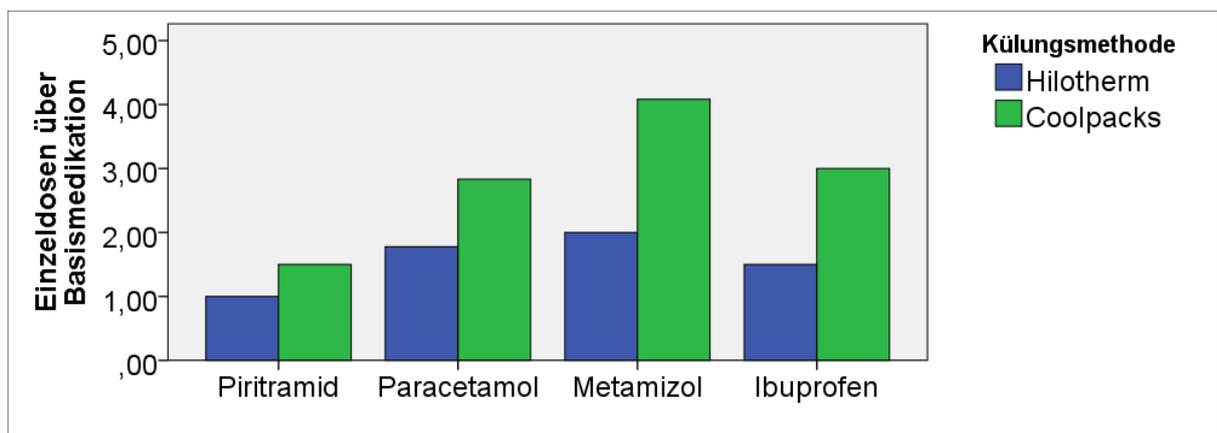


Abbildung 28: Darstellung des Schmerzmittelverbrauchs bei unterschiedlicher Kühlungsmethode (bimaxilläre Operation)

Die statistische Analyse unterstützt die deskriptive Aussage des Balkendiagramms. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied des Schmerzmittelverbrauchs zwischen den Kühlmethoden (Paracetamol $p=0,02$, Metamizol $p=0,003$, Ibuprofen $p=0,03$), lediglich die Piritramidgruppe weist keine Verteilungsunterschiede ($p=0,37$) auf.

3.2.2 Monomaxilläre Operationsmethode

3.2.2.1 Kühlmethode

Im Balkendiagramm der Abbildung 29 wird deutlich dass der Schmerzmittelverbrauch in der Piritramid- und Ibuprofengruppe bei der monomaxillären Operationsmethode annähernd identisch ist. Lediglich Paracetamol und Metamizol weisen eine leichte Tendenz zugunsten der Kühlmethode 1 (Hilotherm[®]) auf.

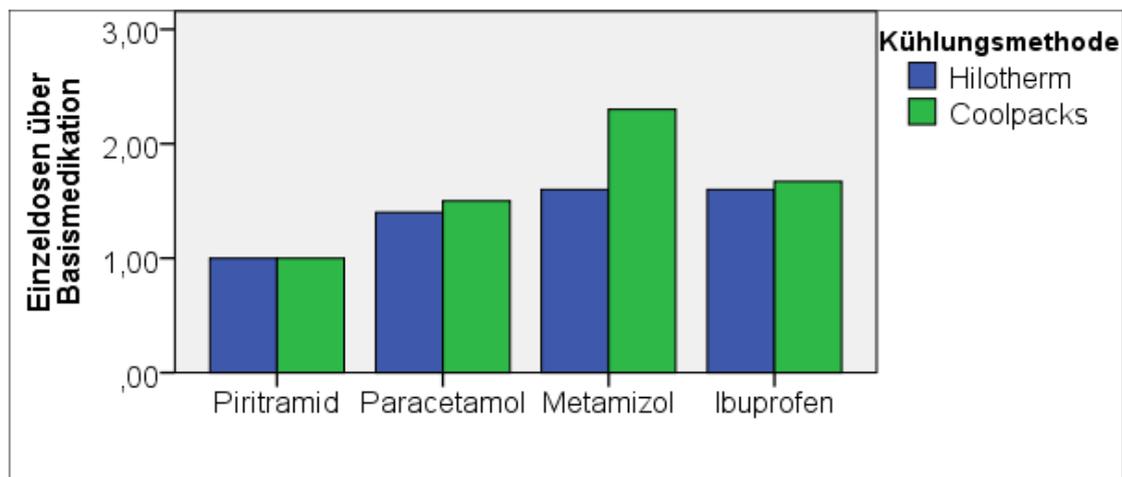


Abbildung 29: Darstellung des Schmerzmittelverbrauchs bei unterschiedlicher Kühlmethode (monomaxilläre Operation)

Bei der monomaxillären Operationsmethode ist der postoperative Medikamentenbedarf bei unterschiedlichen Kühlmethoden nicht unterschiedlich, wobei auch bei dieser Betrachtung der Ergebnisse die geringe Fallzahl zu berücksichtigen ist.

3.2.3 Analyse der Schmerzen im Vergleich bimaxillärer zu monomaxillärer Operationsmethode

Der Schmerzmittelbedarf unterscheidet sich ähnlich wie das Schwellungsverhalten deutlich zwischen den Operationsmethoden. Zwar sind Differenzen in den Medikamentengruppen Piritramid und Paracetamol nicht so stark ausgeprägt, dennoch lässt sich ein Trend erkennen (Abb.30).

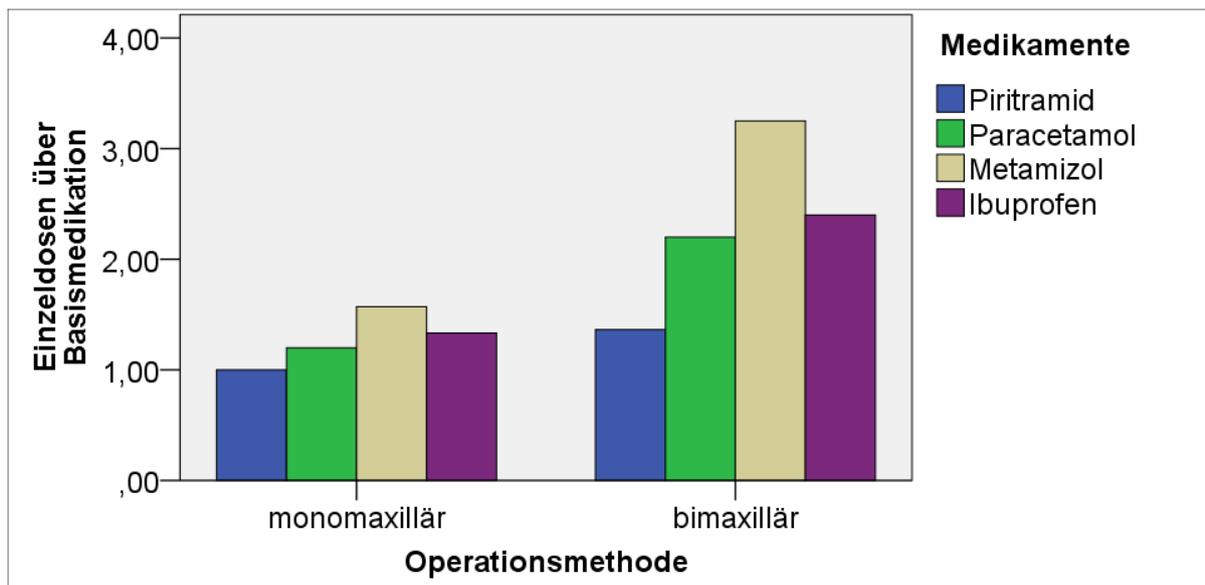


Abbildung 30: Darstellung des Schmerzmittelbedarfs bei verschiedenen Operationsmethoden

Einen signifikanten Unterschied des Schmerzmittelverbrauchs gab es in der Gruppe Metamizol ($p=0,02$), Ibuprofen ($p=0,04$), während in der Gruppe Paracetamol ($p=0,07$) und Piritramid ($p=0,54$) keine Signifikanz bestätigt wurde.

4 Diskussion

Die Kühlung mittels Eis ist eine Standardbehandlungsmethode, die bereits seit vielen Jahrzehnten im Praxisalltag eingesetzt wird. Bei der Behandlung postoperativer Schmerzen und Schwellungen nach akuter Verletzung ist sie effizient und trägt zu einer schnelleren therapeutischen Rehabilitation bei (Hubbard et al., 2004). Die Kälte kann jedoch auf verschiedene Art und Weise angewendet werden (Mac Auley, 2001).

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Fragestellung, welche Kühlungsmethode (Hilotherm[®] oder Coolpacks) die effektivste Schwellungsreduktion nach orthognathen Umstellungsosteotomien gewährleistet und inwieweit ein Einfluss auf die postoperative Schmerzempfindung besteht. Unter Verwendung der dreidimensionalen Photogrammetrie zeigte sich, dass zwischen den verschiedenen Kühlungsmethoden hinsichtlich der Schwellungsabnahme kein prozentualer Schwellungsunterschied zu verzeichnen war. Die wichtigsten Faktoren in der Ausbildung von frühen postoperativen Schwellungen sind Trauma und Infektion. Die Weichgewebsschäden, die durch den chirurgischen Eingriff verursacht werden, erreichen nach 19-24h ihren Höhepunkt (Forsgren et al., 1985).

Dies hat sich in der vorliegenden Studie bestätigt. Es zeigte sich ein deutliches Schwellungsmaximum am zweiten Tag nach der Operation. Ein zweites lokales Maximum zeigte sich am vierten postoperativen Tag. Dies fiel zusammen mit der wiederkehrenden Agilität der Patienten und lässt vermuten, dass das Aufstehen und Umhergehen, verbunden mit einer reduzierten Kühlungsaktivität einen erheblichen Einfluss auf den Schwellungsrückgang gehabt hat.

Es konnte weiterhin ermittelt werden, dass der Grad der Schwellung von der Operationsmethode abhängig ist. Je größer das Operationsfeld, desto größer sind die gemessenen Werte. Die Schwellungsvolumina der bimaxillär operierten Patienten wiesen deutlich größere Werte auf als die der monomaxillären Operationsmethode. Die Untersuchung der individuellen Operationsdauer ergab allerdings keinen signifikanten Einfluss. Es stellte sich zudem heraus, dass weder das Probandenalter noch das Geschlecht eine entscheidende Rolle bei dem postoperativen Schwellungsverhalten einnimmt.

Die Untersuchung des Schmerzmittelbedarfs zeigte, dass bei der konventionellen Kühlmethode mehr Schmerzmittel verabreicht werden mussten. Bei der monomaxillären Operationsmethode zeigte sich ein leichter Trend zugunsten der Hilotherm® Gruppe. Die Ergebnisse der Analyse innerhalb der Medikamentengruppen waren uneinheitlich, da diese nicht in gleicher Gewichtung verabreicht wurden. Piritramid als stärkstes Schmerzmittel und Opioid wurde nur in seltenen Fällen und bei Versagen der anderen Schmerzmittel verabreicht. Die geringe Fallzahl dieses Medikaments könnte einen Einfluss auf das Ergebnis gehabt haben.

4.1 Diskussion der Methode und Einfluss von Merkmalen

4.1.1 Photogrammetrie

Die dreidimensionale Abtastung und Analyse der Oberfläche stellt ein neues Werkzeug dar, das die Beschränkungen der konventionellen zweidimensionalen Methoden umgehen kann und sich zunehmend in der Kieferorthopädie sowie der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie durchsetzt. Die dreidimensionale Struktur des Gesichts in konventionellen zweidimensionalen Darstellungen zu erfassen, stellt eine Herausforderung dar und ist nicht selten mit einem Datenverlust bei der Erfassung von Symmetrien, Tiefendarstellung und Form verbunden (Alves et al., 2009). Die erfassten Datensätze liefern nicht nur schnellere Ergebnisse, sondern sind oft auch einfacher in der Organisation und Bildbearbeitung wie zum Beispiel bei der Vergrößerung und Rotation sowie der Speicherung und Weiterleitung der Information an Kollegen und Patienten (Schultes et al., 1998).

Dies ermöglicht eine realistische Wahrnehmung des geplanten kieferorthopädischen und chirurgischen Eingriffs und unterstützt die Planung, Vorhersage und die langfristige Auswertung der Ergebnisse.

Stereophotogrammetrie ist im Vergleich zu anderen standardisierten Verfahren wie dem CT oder dem Fernröntgenseitenbild kostengünstiger. Es wird keine ionisierende Strahlung benötigt und das Risiko von Bewegungsartefakten ist geringer (Bill et al., 2006, Ferrario et al., 1999). Die Präzision und Genauigkeit des Systems wurde

bereits in mehreren Studien überprüft und beträgt weniger als 0,5mm (Reuther, 2000).

In einer Studie von Lübbers et al. wird dargestellt, dass die Möglichkeiten der Photogrammetrie für den klinischen Bedarf mehr als ausreichend sind und der Anthropometrie und zweidimensionalen Fotografie überlegen sind (Lubbers et al., 2010).

4.1.2 Patientenmerkmale

Eine wichtige Voraussetzung für den Erwerb qualitativ hochwertiger 3-D-Gesichtsfotografien ist die Optimierung der Aufnahmemethode, um eine spätere genaue Datenverarbeitung zu gewährleisten. Einen praktischen Leitfaden gibt die Studie von Heike et al., welche vor allem die wichtigsten Grundlagen wie korrekte Beleuchtung, Versuchsaufbau und Installation der Geräte, Sitzposition des Patienten und Mimik als mögliche Fehlerquelle diskutiert (Heike et al., 2010).

Obwohl alle Patienten angewiesen wurden, einen möglichst neutralen Gesichtsausdruck einzunehmen, sind Volumenveränderungen durch Anspannung oder Bewegung der mimischen Muskulatur sowie durch eine veränderte Neigung des Kopfes und den Sitz der OP-Haube denkbar (Rana et al., 2011). Operationsbedingt war es manchen Patienten nicht möglich, bei dem Aufnahmevorgang den Mund vollständig zu schließen oder die Augen aufgrund des hellen Blitzlichtes offen zu halten. Auch diese Aspekte können einen Einfluss auf die Volumenmessungen gehabt haben.

Allen Versuchsansätzen gemein ist die Notwendigkeit, den aufgenommenen Datensatz vergleichbar zu gestalten. Da die Position im Raum bei jeder neuen Aufnahme beliebig ist, dienen Landmarken der Orientierung und der Einordnung des Gesichtes im Raum. Nur so kann ein Differenzvolumen ermittelt werden (Moss et al., 1994). Da knöchernen Strukturen bei 3-D Aufnahmen (Laserscan, Stereophotogrammetrie, video imaging) für die Auswertung nicht verfügbar sind, ist es notwendig, entsprechende Weichteillandmarken zu definieren. Oft werden Landmarken verwendet, die sich im Bereich der Stirn und der Supraorbitalregion, dem Haaransatz, dem Nasenrücken und den Augen befinden. In diesem Bereich wird der geringste Schwellungsanstieg erwartet, da es sich um einen Bereich mit

relativ festen Gewebsstrukturen und außerhalb des Operationsfeldes handelt (Alves et al., 2009). Bei der Analyse der Daten wurde das Programm Alias[®] Automotive verwendet, das die manuell markierten Landmarken in den verschiedenen Datensätzen computergestützt, interpolierend übereinanderlegen konnte.

4.1.2.1 Patientengruppen

Die Untersuchungsmethode hat einige limitierende Einschränkungen, die in Betracht gezogen werden müssen. In vielen Studien war das Patientenkollektiv relativ klein (Rana 2013 n=32, Belli 2009 n=10, Laureano Filho 2005 n=14, Kau 2007 n=12) und der Untersuchungszeitraum mit sieben Tagen sehr kurz, sodass Fehlstellen statistisch stärker ins Gewicht fallen können (Belli et al., 2009, Rana et al., 2013, Laureano Filho et al., 2005, Kau et al., 2007). Die statistische Power (Teststärke) bei einer geringen Anzahl an Patientenfällen, könnte den Aussagewert der statistischen Analyse bei der vorliegenden Studie stark beeinflusst haben. Dies wäre nur mit einem größeren Patientenkollektiv vermeidbar. Um genügend Patientenfälle zu sammeln, hätte der Untersuchungszeitraum wesentlich länger gewählt werden können. In der vorliegenden Studie war die Anzahl der monomaxillär operierten Patienten im Gegensatz zu den bimaxillären Eingriffen sehr klein. Eine statistische Auswertung erfolgte daher in Bezug auf Kühlungsmethode, Geschlecht und Schmerzmittelanalyse nur bei der bimaxillären Operationsmethode. Die monomaxilläre Operationsmethode wurde nur deskriptiv dargestellt und veranschaulicht eher eine Tendenz. Auch gibt es zu bedenken dass die großen Fallzahlunterschiede Auswirkung auf den statistischen Vergleich der beiden Operationsmethoden gehabt haben könnten.

Die Patienten wurden zu Beginn instruiert, die Kühlungszeiten möglichst genau einzuhalten und das Anlegen der Kühlmittel korrekt durchzuführen. Hierbei spielte die Compliance der Patienten eine sehr große Rolle.

Alter, Geschlecht und anamnestische Auffälligkeiten wie Rauchen, hormonelle Kontrazeptiva, Antibiotikaphylaxe des Patienten sind als Fehlerquelle ebenfalls denkbar (Laureano Filho et al. 2005). In der vorliegenden Studie konnten für die

Parameter Alter und Geschlecht jedoch keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Die Gewebestruktur könnte geschlechtsspezifisch aufgrund unterschiedlich ausgeprägter Muskulatur und Fettgewebe stärker oder weniger stark anschwellen. In der Studie von Kochel et al. wird beschrieben, dass die Reliabilität der 3D-Aufnahmen hoch ist. Zusammenfassend wird darauf hingewiesen, dass das Weichgewebe bei Männern im Bereich des Mittel- und Untergesichts variabler ist als bei Frauen (Kochel et al., 2010).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt die Studie von Capuzzi et al. Diese untersuchte Faktoren nach Extraktion von impaktierten Weisheitszähnen, die die postoperative Erholung beeinträchtigen. Dabei wurde festgestellt, dass das Geschlecht sowie das Alter und die Erfahrung des Chirurgen Einfluss auf die postoperativen Auswirkungen haben könnten (Capuzzi et al., 1994). Dies konnte in der vorliegenden Studie nicht belegt werden. Zu bedenken gibt es, dass eine orthognathe Operation eine wesentlich größere Wundfläche erzeugt, länger dauert und im Gegensatz zu den meisten Weisheitszahnentfernungen, in Vollnarkose durchgeführt wird. Zur Beeinträchtigung der Bildqualität führte bei einigen männlichen Probanden die Gesichtsbehaarung, die ebenfalls zu einer leichten Erhöhung des postoperativen Gesamtvolumens geführt haben könnte. Eine Gewichts Zu- oder Abnahme der Patienten während des Untersuchungszeitraumes (bspw. durch veränderte Kaufunktion) ist ebenfalls denkbar. Auch diese Tatsache könnte Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse gehabt haben.

4.1.3 Operationsmethode

Die Art des operativen Eingriffs und das Ausmaß des betroffenen Areals sind entscheidend für die Ausprägung der späteren Schwellung. Dennoch ist denkbar, dass weitere Faktoren wie z.B. die Operationsdauer und die Erfahrung des Operationsteams ebenfalls Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben könnten (Laureano Filho et al., 2005). Weiterhin gibt es zu bedenken, dass nicht jede Operation identisch ist. Bei einigen Patienten wurde der Ober- bzw. Unterkiefer vor- bei anderen wiederum zurückverlagert. Die Distanzen betragen hierbei zwischen 3-

15 mm. In der postoperativen Heilungsphase mussten die Patienten einen hauptsächlich die Kauflächen bedeckenden Okklusionssplint tragen, der durch zusätzliche intermaxilläre Immobilisation eine bessere primäre Wundheilung gewährleisten sollte. Der Splint und die Schienung wurden individuell angefertigt und waren somit nicht bei jedem Patienten identisch. Während der frühen Wundheilungsphase sollte der Splint ununterbrochen getragen werden (Weinspach et al., 2011). Dieser Aspekt führte zu einer leichten Bisshebung, die bei dem Referenzbild nicht mehr gegeben war. Das postoperative Volumen der Aufnahmen könnte sich dadurch geringfügig erhöht haben.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Aus der Fachliteratur sind bereits einige Studien bekannt, die sich mit dem Einfluss verschiedener Kühlmethoden auf die chirurgischen Begleiterscheinungen in der ersten postoperativen Woche beschäftigen (Rana et al., 2011, Garcia et al., 2008, Moro et al., 2011, Collins, 2008, Cina-Tschumi, 2007).

Die vorliegende Studie ist jedoch die erste, die mithilfe von 3D-Stereophotogrammetrie den Volumenzuwachs des Mittelgesichts nach orthognather Chirurgie erfasst und dabei die beeinflussenden Merkmale wie Alter, Geschlecht, Operationsart und -dauer sowie Schmerzmedikation berücksichtigt. Oft wurden in Studien zwar Landmarken verwendet und Strecken vermessen, diese geben jedoch nicht so zuverlässig Auskunft über die Gesamtschwellung des operierten Bereichs wie eine Volumenmessung.

In der Publikation von Moro et al. wurden an beiden Gesichtshälften definierte Markierungen eingezeichnet und in regelmäßigen Abständen mit einem Maßband vermessen. Dies erfolgte bei 19 Patienten jeweils nach 30min, 24h und 48h postoperativ. Der Durchschnitt der Summen beider Seiten wurde berechnet und anschließend metrisch (cm) verglichen (Moro et al., 2011).

Die Methode spiegelt jedoch nur bedingt die individuelle Komplexität jedes einzelnen Patientengesichtes wieder. In der vorliegenden Studie wurden mithilfe der 3D-Analyse ebenfalls Gesichtsasymmetrien und Anomalien berücksichtigt. Weiterhin wurde der prozentuale Schwellungszuwachs jedes Patienten verglichen. Auch dieser

Aspekt berücksichtigt die unterschiedliche Größe und Breite jedes einzelnen Mittelgesichts.

In der Studie von Kau et al. wurde ebenfalls das Schwellungsverhalten nach orthognathen Eingriffen ermittelt. Mithilfe eines Laserscanners wurde die Oberfläche abgetastet. Bei insgesamt 12 Patienten wurden fünf postoperative 3D Aufnahmen in regelmäßigen Abständen (1Tag, 1Woche, 1Monat, 3Monate, 6 Monate) vorgenommen. Untersucht wurde wie der Schwellungsunterschied zwischen monomaxillärer und bimaxillärer Operationsmethode divergierte. Auch in dieser Studie konnte ermittelt werden, dass die postoperative Schwellung ihr Maximum schon nach kurzer Zeit erreicht und einen abnehmenden Verlauf entwickelt. Ebenso stellte sich heraus, dass die bimaxilläre Operationsmethode größere Schwellungsgrade verursacht (Kau et al., 2007).

Kritisch zu sehen ist die Tatsache, dass als Referenzbild eine Aufnahme diente, die bereits vor der Operation angefertigt wurde. Das Operationsergebnis wird daher nicht berücksichtigt und könnte das Ergebnis beeinflusst haben.

Einen anderen Versuchsansatz hat die Studie von Phillips et al. gewählt. Die Studie umfasste einen Zeitraum von 90 Tagen. Ein Patiententagebuch ermöglichte eine Aussage über den subjektiven Eindruck der Patienten über das Abklingen der Symptome Schmerz und Schwellung. Auch diese Studie kam zu ähnlichen Ergebnissen. So gaben 75% eine Entlastung nach der ersten postoperativen Woche an. Eine vollständige Rückkehr in das gewohnte Sozialleben mit Ausnahme von Freizeitaktivitäten erfolgte jedoch erst Wochen später (Phillips et al., 2008).

Die routinemäßige Gabe einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe und der Einsatz von Steroiden könnte die Ausprägung der Schwellung ebenfalls beeinflusst haben (Maurer et al., 2001). In der Studie von Beirne und Hollander wird beschrieben, dass bereits die Gabe einer Einzeldosis Methylprednisolon das Schwellungsverhalten nach der Extraktion von Weisheitszähnen signifikant verändert. In zukünftigen Studien könnte überprüft werden, inwieweit die Basismedikation Einfluss auf das Schwellungsverhalten und die postoperativen Schmerzen hat (Beirne und Hollander, 1986).

Kryotherapie hat wesentliche Vorteile gegenüber einer medikamentösen Behandlung von Schmerzen, da Sie kostengünstig ist und keinerlei systemische Auswirkung hat (Ernst und Fialka, 1994).

In der Literatur finden sich einige Studien, die ermitteln, dass Kälte bei akutem und chronischem Schmerz einen analgesierenden Effekt aufweist und die Schmerzschwelle herabsetzt. Benson und Copp stellten fest, dass die 15-minütige Anwendung von Eis bei mehreren Freiwilligen die Schmerzschwelle deutlich herabsenkt. Dieser Effekt hielt 15 Minuten an und kehrte erst nach 30 Minuten zu seinem Ursprung zurück (Benson und Copp, 1974).

Da es eine Vielzahl an Applikationsarten für Kälte gibt, stellte sich die Frage, ob eine Methode der anderen überlegen ist. Dies bestätigte sich in der vorliegenden Studie für das Hilotherm[®]-Gerät, da der Schmerzmittelverbrauch deutlich geringer war als bei der Vergleichsgruppe, die mit Coolpacks kühlte.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die Studie von Rana und Kollegen, die Patienten nach orthognathen Operationen mit Hilfe einer visuellen Analogskala befragten, welche Kühlungsmethode als schmerzlindernder empfunden wurde (Rana et al., 2011). Die Analyse des Schmerzempfindens ist allerdings komplex. In zukünftigen Studien könnte versucht werden beide Untersuchungsverfahren (individuelles Schmerzempfinden und tatsächlicher Schmerzmittelbedarf) zu kombinieren. Die Studie von Penarrocha untersuchte Schwellungen und Schmerzen bei sechzig Patienten, die sich einer Wurzelspitzenresektion mit anschließender retrograder Füllung unterzogen. Die Ergebnisse entsprechen der vorliegenden Studie, wonach die Schwellung und die Schmerzen ihren Höhepunkt erst am zweiten postoperativen Tag erreichen. Ein Einfluss von Alter und Geschlecht konnte nicht festgestellt werden, wohingegen die Größe des Operationsfeldes entscheidend waren (Penarrocha-Diago et al., 2012).

4.3 Ausblick

Trotz des relativ kleinen und inhomogenen Patientenkollektivs ergab die Studie interessante Hinweise zu postoperativen Schmerzen und dem Schwellungsverhalten nach orthognathen Eingriffen. In zukünftigen Studien könnte mit höheren Gruppenanzahlen das Ergebnis weiter verifiziert werden und die Auswirkung der

Kühlungsmethode auf andere chirurgische Eingriffe erweitert werden. Gegenstand weiterer Untersuchungen könnte es sein die Auswahl sowie die Applikationsart geeigneter Analgetika zu untersuchen (Niederhagen et al., 1997). Weiterhin könnten zusätzliche anamnestiche Aspekte mit einbezogen werden wie bspw. Grunderkrankungen (Diabetes etc.) oder die Einnahme anderer Medikamente. Die Hilotherm[®]-Kühlungsmethode ist einfach in der Handhabung und die Anwendung erfordert keine Vorbereitung. Auch wenn in dieser Studie kein signifikanter Einfluss auf das Schwellungsverhalten festgestellt werden konnte, so war doch der schmerzlindernde Effekt ausgeprägt. Für Patienten nach orthognathen Operationen kann der Einsatz der Hilotherm[®]-Technologie empfohlen werden.

5 Zusammenfassung

Bei orthognathen Operationen kann es nach erfolgtem Eingriff zu massiven Schwellungen im Bereich des Mittel- und Untergesichtes sowie zu starken postoperativen Schmerzen kommen. Diese Effekte stören die Wundheilung des Patienten und können stark entstehend wirken. Daher wird den Patienten eine lokale Kühlung empfohlen, die häufig mit Coolpacks erfolgt. Ein weiteres innovatives Kühlmittel ist die Hilotherm[®]-Technologie, die mittels speziell geformter Masken für verschiedene Körperregionen eine Durchlaufkühlung mit konstanter, wählbarer Temperatur ermöglicht.

In der vorliegenden Arbeit sollte in einem systematischen, randomisierten Vergleich geklärt werden, welche Kühlungsmethode (Coolpacks oder die Hilotherm[®]-Technologie) einen stärkeren Einfluss auf das Schwellungsvolumen und postoperative Schmerzen erzielt.

Nach Aufklärung und Einwilligung der Patienten zur Teilnahme an dieser Studie erfolgte eine randomisierte Verteilung der Patienten auf die unterschiedlichen postoperativen Kühlungsmethoden. Im Rahmen des stationären Aufenthalts, üblicherweise eine Woche, erfolgte dann jeden Tag zum selben Zeitpunkt eine dreidimensionale Fotografie des Gesichts. Mit dem CAD-Programm Alias[®] Automotive wurden definierte Ausschnitte (begrenzt durch Landmarken) des Gesichtes anhand von 3-D Fotoaufnahmen ermittelt und analysiert. Die sich aus den postoperativen Aufnahmen zum Ausgangsbild ergebenden Differenzvolumen wurden statistisch ausgewertet. Zur Beurteilung der postoperativen Schmerzen erfolgte eine Auswertung der im postoperativen Verlauf erhaltenen Schmerzmedikamente.

Die Studie zeigte eine Tendenz zu einer höheren Schwellungsabnahme bei Anwendung der Hilotherm[®]-Technologie. Dies war jedoch statistisch nicht signifikant. Der Schmerzmittelbedarf war bei der Hilotherm[®] Gruppe geringer, was auf eine bessere schmerzreduzierende Wirkung durch die konstante Kühlungstemperatur hinweist. Andere untersuchte Merkmale wie Geschlecht, Alter und Operationsdauer hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Schwellungsverhalten.

6 Literaturverzeichnis

Al-Khateeb, T. H., Nusair, Y. (2008): Effect of the proteolytic enzyme serrapeptase on swelling, pain and trismus after surgical extraction of mandibular third molars. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 37, 264-268

Alexander, R. E., Thronson, R. R. (2000): A review of perioperative corticosteroid use in dentoalveolar surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 90, 406-415

Alves, P. V., Zhao, L., Patel, P. K., Bolognese, A. M. (2009): Three-dimensional facial surface analysis of patients with skeletal malocclusion. *J Craniofac Surg*, 20, 290-296

Angster, R., Hainsch-Muller, I. (2005): [Postoperative pain management]. *Der Anaesthesist*, 54, 505-531; quiz 532-503

Beirne, O. R., Hollander, B. (1986): The effect of methylprednisolone on pain, trismus, and swelling after removal of third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 61, 134-138

Belli, E., Rendine, G., Mazzone, N. (2009): Cold therapy in maxillofacial surgery. *J Craniofac Surg*, 20, 878-880

Benson, T. B., Copp, E. P. (1974): The effects of therapeutic forms of heat and ice on the pain threshold of the normal shoulder. *Rheumatology and rehabilitation*, 13, 101-104

Bill, J., Proff, P., Bayerlein, T., Blens, T., Gedrange, T., Reuther, J. (2006): Orthognathic surgery in cleft patients. *J Craniomaxillofac Surg*, 34 Suppl 2, 77-81

Bleakley, C. M., O'Connor, S., Tully, M. A., Roche, L. G., Macauley, D. C., McDonough, S. M. (2007): The PRICE study (Protection Rest Ice Compression Elevation): design of a randomised controlled trial comparing standard versus

cryokinetic ice applications in the management of acute ankle sprain. *BMC Musculoskelet Disord*, 8, 125

Capuzzi, P., Montebugnoli, L., Vaccaro, M. A. (1994): Extraction of impacted third molars. A longitudinal prospective study on factors that affect postoperative recovery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 77, 341-343

Cina-Tschumi, B. (2007): [Evidence-based impact of cryotherapy on postoperative pain, swelling, drainage and tolerance after orthopedic surgery]. *Pflege*, 20, 258-267

Collins, N. C. (2008): Is ice right? Does cryotherapy improve outcome for acute soft tissue injury? *Emerg Med J*, 25, 65-68

Ernst, E., Fialka, V. (1994): Ice freezes pain? A review of the clinical effectiveness of analgesic cold therapy. *Journal of pain and symptom management*, 9, 56-59

Ferrario, V. F., Sforza, C., Schmitz, J. H., Santoro, F. (1999): Three-dimensional facial morphometric assessment of soft tissue changes after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 88, 549-556

Forsgren, H., Heimdahl, A., Johansson, B., Krekmanov, L. (1985): Effect of application of cold dressings on the postoperative course in oral surgery. *International journal of oral surgery*, 14, 223-228

Garcia, B., Larrazabal, C., Penarrocha, M. (2008): Pain and swelling in periapical surgery. A literature update. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 13, E726-729

Gwen R.J. Swennen, F. S., Jarg-Erich Hausamen (2006): *Three-Dimensional Cephalometry*. Springer Verlag Berlin Heidelberg

Heike, C. L., Upson, K., Stuhaug, E., Weinberg, S. M. (2010) 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med*, 6, 18

Hubbard, T. J., Aronson, S. L., Denegar, C. R. (2004): Does Cryotherapy Hasten Return to Participation? A Systematic Review. *J Athl Train*, 39, 88-94

Kau, C. H., Cronin, A. J., Richmond, S. (2007): A three-dimensional evaluation of postoperative swelling following orthognathic surgery at 6 months. *Plast Reconstr Surg*, 119, 2192-2199

Kau, C. H., Richmond, S., Zhurov, A., Ovsenik, M., Tawfik, W., Borbely, P., English, J. D. (2010) Use of 3-dimensional surface acquisition to study facial morphology in 5 populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 137, S56 e51-59; discussion S56-57

Kehlet, H., Dahl, J. B. (1993): Postoperative pain. *World journal of surgery*, 17, 215-219

Kennet, J., Hardaker, N., Hobbs, S., Selfe, J. (2007): Cooling efficiency of 4 common cryotherapeutic agents. *J Athl Train*, 42, 343-348

Kochel, J., Meyer-Marcotty, P., Strnad, F., Kochel, M., Stellzig-Eisenhauer, A. (2010) 3D soft tissue analysis--part 1: sagittal parameters. *J Orofac Orthop*, 71, 40-52

Laureano Filho, J. R., de Oliveira e Silva, E. D., Batista, C. I., Gouveia, F. M. (2005): The influence of cryotherapy on reduction of swelling, pain and trismus after third-molar extraction: a preliminary study. *J Am Dent Assoc*, 136, 774-778; quiz 807

Lubbers, H. T., Medinger, L., Kruse, A., Gratz, K. W., Matthews, F. (2010) Precision and accuracy of the 3dMD photogrammetric system in craniomaxillofacial application. *J Craniofac Surg*, 21, 763-767

Mac Auley, D. C. (2001): Ice therapy: how good is the evidence? *International journal of sports medicine*, 22, 379-384

Maurer, P., Otto, C., Eckert, A. W., Schubert, J. (2001): [Complications in surgical treatment of malocclusions. Report of 50 years experience]. *Mund Kiefer Gesichtschir*, 5, 357-361

Messer, E. J., Keller, J. J. (1975): The use of intraoral dexamethasone after extraction of mandibular third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 40, 594-598

Molloy, A. R., Cousins, M. J. (2003): pain management. *Encyclopedia of the Neurological Sciences* 4, 758-762

Moro, A., Gasparini, G., Marianetti, T. M., Boniello, R., Cervelli, D., Di Nardo, F., Rinaldo, F., Alimonti, V., Pelo, S. (2011): Hilotherm Efficacy in Controlling Postoperative Facial Edema in Patients Treated for Maxillomandibular Malformations. *J Craniofac Surg*, 22(6), 2114-2117

Moss, J. P., McCance, A. M., Fright, W. R., Linney, A. D., James, D. R. (1994): A three-dimensional soft tissue analysis of fifteen patients with Class II, Division 1 malocclusions after bimaxillary surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 105, 430-437

Niederhagen, B., Braumann, B., Dierke-Dzierzon, C., Albrecht, S. (1997): [Postoperative pain after interventions in the area of the mouth-jaw-face]. *Mund Kiefer Gesichtschir*, 1, 229-234

Olmedo-Gaya, M. V., Vallecillo-Capilla, M., Galvez-Mateos, R. (2002): Relation of patient and surgical variables to postoperative pain and inflammation in the extraction of third molars. *Medicina oral : organo oficial de la Sociedad Espanola de Medicina Oral y de la Academia Iberoamericana de Patologia y Medicina Bucal*, 7, 360-369

Oncul, A. M., Cimen, E., Kucukyavuz, Z., Cambazoglu, M. (2011): Postoperative analgesia in orthognathic surgery patients: diclofenac sodium or paracetamol? *Br J Oral Maxillofac Surg*, 49, 138-141

Penarrocha-Diago, M. A., Maestre-Ferrin, L., Penarrocha-Oltra, D., Gay-Escoda, C., von-Arx, T., Penarrocha-Diago, M. (2012): Pain and swelling after periapical surgery related to the hemostatic agent used: Anesthetic solution with vasoconstrictor or aluminum chloride. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 4, e594-600.

Phillips, C., Blakey, G., 3rd, Jaskolka, M. (2008): Recovery after orthognathic surgery: short-term health-related quality of life outcomes. *J Oral Maxillofac Surg*, 66, 2110-2115

Rana, M., Gellrich, N. C., Joos, U., Piffko, J., Kater, W. (2011):3D evaluation of postoperative swelling using two different cooling methods following orthognathic surgery: a randomised observer blind prospective pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 40, 690-696

Rana, M., Gellrich, N. C., von See, C., Weiskopf, C., Gerressen, M., Ghassemi, A., Modabber, A. (2013): 3D evaluation of postoperative swelling in treatment of bilateral mandibular fractures using 2 different cooling therapy methods: A randomized observer blind prospective study. *J Craniomaxillofac Surg*, 41, e17–e23

Reichart, P. A., Hausamen, J.-E., Becker, J., Neukam, F. W., Schliephake, H., Schmelzeisen, R., Brachvogel, P. (2002): Curriculum Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Band III, Orthopädische Chirurgie, Quintessenz Verlags-GmbH, 199-246

Reuther, J. (2000): [Orthognathic surgery: corrective bone operations]. *Mund Kiefer Gesichtschir*, 4 Suppl 1, S237-248

Schultes, G., Gaggl, A., Karcher, H. (1998): Periodontal disease associated with interdental osteotomies after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*, 56, 414-417; discussion 417-419

Sortino, F., Cicciu, M. (2011): Strategies used to inhibit postoperative swelling following removal of impacted lower third molar. *Dental research journal*, 8, 162-171

van der Westhuijzen, A. J., Becker, P. J., Morkel, J., Roelse, J. A. (2005): A randomized observer blind comparison of bilateral facial ice pack therapy with no ice therapy following third molar surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 34, 281-286

Weinspach, K., Staufienbiel, I., Gunay, H., Geurtsen, W., Schwestka-Polly, R., Demling, A. P. (2011): Influence of orthognathic surgery on periodontal tissues: short-term results. J Orofac Orthop, 72, 279-289

Whitney, H. B. M. a. D. R. (1947): On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. The Annals of Mathematical Statistics, 18, 50-60

Wilcoxin, F. (1947): Probability tables for individual comparisons by ranking methods. Biometrics, 3, 119-122

7 Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Jörg Wiltfang möchte ich für die Durchführung dieser Arbeit in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie und die Überlassung des Themas, verbunden mit der wissenschaftlichen Unterstützung danken.

Herrn Dr. med. Tobias Nitsche möchte ich sehr herzlich für die freundliche Betreuung der interessanten Studie danken. Jede Phase dieser Arbeit wurde intensiv und professionell begleitet und unterstützt. Großes Engagement, Anregung und Unterstützung bei der Durchführung der Versuche sowie viele hilfreiche Anmerkungen und Korrekturen ermöglichten das Zustandekommen dieser Arbeit.

Danken möchte ich der Fotoabteilung des UKSH der Zahnklinik für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes. Frau Ketelsen und Herrn Reinhardt möchte ich für die Anleitung und Einführung in die dreidimensionalen Fotografie sowie die Unterstützung und Beratung bei technischen Fragen und der Umsetzung und Verarbeitung der gewonnenen Bilder danken.

Dem Institut für medizinische Statistik und Informatik insbesondere Frau Dr. Freitag-Wolf möchte ich für die Unterstützung durch biometrische Beratung danken.

Allen Studienteilnehmern bin ich zu großem Dank verpflichtet, ohne die es nie möglich gewesen wäre, diese Studie überhaupt durchzuführen. Jeder einzelne stand gerne zur Verfügung und hat dazu beigetragen das notwendige Datenvolumen zu erheben.

Ein ganz großer Dank geht an meinen Bruder Jasper Stern. Seine brüderliche Freundschaft bedeutet mir sehr viel. Herzlichen Dank für jedwede Unterstützung und den großen Beistand, den er jederzeit zu geben bereit ist.

Ein großer Dank gilt meiner Familie, die mich während meines Studiums und meiner Dissertation unaufhörlich unterstützt hat und die mir den nötigen Freiraum zur Durchführung dieser Arbeit gab.

8 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Laura Stern
Geburtstag: 09.02.1982
Geburtsort: Berlin

Schulbildung

1988 – 1992 Besuch der Grundschule Colegio allemán in Madrid
1992 – 1999 Besuch des Gymnasiums Goethe-Schule in Flensburg
1999 – 2001 Besuch des Gymnasiums Auguste-Viktoria-Schule in Flensburg
2001 Abschluss Abitur

Studium

2001 – 2008 Studium der Zahnmedizin an der Christian-Albrechts-Universität Kiel
2003 Vorphysikum
2005 Physikum
2008 Staatsexamen

Anstellung

2008-2010 Vorbereitungsassistentin (Praxis Weigand Schwentimental)
2011 Zulassung zur Zahnärztin im angestellten Verhältnis
2013 Anstellung als Zahnärztin (Praxis Rohwedder in Eckernförde)

Wissenschaft

Seit 2010 Promotionsarbeit an der Klinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

9 Veröffentlichungen

Vortrag

61. Kongress der deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie,
15.-18. Juni 2011, Bamberg

Tobias Nitsche, Laura Stern, Andreas Reinhardt, Jörg Wiltfang

Vergleich der Hilotherm[®] - Therapie und der konventionellen Kühlung zur
Behandlung der postoperativen Schwellung nach orthognathen Operationen.