

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR
MUND-, KIEFER- UND GESICHTSCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. DR. T. E. REICHERT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Einfluss der Umstellungsosteotomie auf die postoperative Position
des Kondylus und auf die Patientenzufriedenheit**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Julia-Frederike Scholz (geb. Erbe)

2020

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR
MUND-, KIEFER- UND GESICHTSCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. DR. T. E. REICHERT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Einfluss der Umstellungsosteotomie auf die postoperative Position
des Kondylus und auf die Patientenzufriedenheit**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Julia-Frederike Scholz (geb. Erbe)

2020

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Tobias Ettl

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Peter Proff

Tag der mündlichen Prüfung: 21. September 2020

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abkürzungsverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	vi
1. Einleitung	1
1.1. Einführung	1
1.2. Geschichtlicher Überblick	2
1.2.1. Operative Verfahren im Bereich der Mandibula	2
1.2.2. Operative Verfahren im Bereich der Maxilla	5
1.3. Das Craniomandibuläre System	6
1.3.1. Die Biomechanik des Kiefergelenks in Bewegung	7
1.3.2. Die Kondylenposition	8
1.3.3. Störungen des craniomandibulären Systems	9
1.4. Die kombiniert kieferorthopädische/kieferchirurgische Behandlung eines „Dysgnathiepatienten“	11
1.4.1. Indikation eines kieferchirurgischen Eingriffs	11
1.4.2. Ablauf der Behandlung	13
1.4.3. Präoperative Behandlung und Planung	13
1.4.4. Intraoperative Positionierungstechnik des Kiefergelenks	14
1.5. Literaturübersicht.....	15
2. Material und Methoden	19
2.1. Patientenkollektiv	19
2.2. Ethische Aspekte	19
2.3. Ablauf der „Dysgnathieoperation“	20
2.3.1. Die definitive Operationsplanung	20
2.3.2. Retromolare sagittale Osteotomie nach Obwegeser, modifiziert nach Hunsuck/Epker	20
2.3.3. Bimaxilläre Umstellungsosteotomie	21
2.4. Umstellungsart	22
2.5. Präoperative Diagnosen	23
2.6. Die Fernröntgenseitenbilder und das OnyxCeph3 TM	23
2.6.1. Digitale Operationssimulation	24
2.7. Retrospektive FRS-Analyse	25
2.7.1. Bestimmung der horizontalen Position des Caput mandibulae	26

2.7.2.	Bestimmung der vertikalen Position des Caput mandibulae	28
2.7.3.	Kombinierte Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae	30
2.7.4.	Unterkieferverlagerung.....	31
2.8.	Patientenfragebogen	33
2.9.	Statistische Verfahren.....	34
2.9.1.	Deskriptive Statistik.....	34
2.9.2.	Vergleichende Statistik	34
3.	Ergebnisse	35
3.1.	Patientenkollektiv	35
3.1.1.	Alters- und Geschlechtsverteilung.....	35
3.1.2.	Umstellungsart	36
3.1.3.	Präoperative Diagnosen	37
3.2.	Ergebnisse des OnyxCeph™ Planungsprogramm.....	38
3.3.	Ergebnisse der khalometrischen Auswertung.....	39
3.3.1.	Horizontale Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae	39
3.3.2.	Vertikale Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae	43
3.3.3.	Kombinierte Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae	48
3.3.4.	Verlagerungsausmaße des Unterkiefers.....	51
3.4.	Ergebnisse der Patientenfragebögen.....	53
3.4.1.	Auswertung des Dysfunktionsindexes Ai nach Helkimo	57
3.4.2.	Auswertung der OnyxCeph™ Planung in Abhängigkeit des Fragebogens.....	59
4.	Diskussion	60
4.1.	Diskussion des Patientenkollektivs	60
4.2.	Diskussion der Operationstechnik	62
4.3.	Diskussion der Methodik.....	65
4.4.	Diskussion der Ergebnisse.....	68
4.4.1.	Die khalometrische Auswertung	68
4.4.2.	Fragebogen zu den subjektiven Angaben der Patienten	72
5.	Zusammenfassung.....	76
6.	Literaturverzeichnis.....	78
7.	Danksagung	92
8.	Anhang	93

Abkürzungsverzeichnis

FRS	Fernröntgenseitenbild
et al.	Lateinische Abkürzung für „et alii“ bzw. „et aliae“, entspricht „und andere“
MMF	Mandibulomaxilläre Fixation
M.	Musculus
N.	Nervus
Z.n.	Zustand nach
MW	Mittelwert
Max	Höchster Wert
Min	Niedrigster Wert
SD	Standardabweichung
MD	Median
OKV	Oberkiefervorverlagerung
OKR	Oberkieferrückverlagerung
UKV	Unterkiefervorverlagerung
UKR	Unterkieferrückverlagerung
m	Meter
BSSO	<i>Bilateral sagittal split osteotomy - retromolare sagittale Unterkieferspaltung</i>
EVRO	<i>Extraoral vertical ramus osteotomy</i>
IVRO	<i>Intraoral vertical ramus osteotomy</i>
„High-Angle“	<i>Hyperdivergenter Mandibular-Winkel</i>
„Low/No-Angle“	<i>Hypodivergenter Mandibular-Winkel</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Habsburgerherrscher Karl II. von Spanien (Marmorbüste, Kunsthistorisches Museum, Wien)	1
Abbildung 2: Schematische Darstellung einer retromolaren sagittalen Osteotomie des Unterkiefers beidseits nach Obwegeser, in der Modifikation nach Hunsuck/Epker (Hoffmeister, 2007)	4
Abbildung 3: Le Fort I-Frakturlinienverlauf (Hausamen et al., 2012a)	5
Abbildung 4: Le Fort I-Osteotomie mit und ohne sagittale Spaltung.....	22
Abbildung 5: Anatomische Punkte im FRS am Beispiel eines postoperativen FRS	26
Abbildung 6: Skizze der horizontalen Messmethode	27
Abbildung 7: Skizze der vertikalen Messmethode	28
Abbildung 8: Darstellung der vollständigen Messmethode im FRS	29
Abbildung 9: Verwendung des Satz des Pythagoras (links) und die Kombinationsmöglichkeiten (rechts)	30
Abbildung 10: Skizze zur Vermessung der Unterkieferverlagerung	31
Abbildung 11: Verteilung nach Alter/Geschlecht.....	36
Abbildung 12: Kombinationen und Häufigkeiten aller Vor- und Rückverlagerungen bei bignather und monognather Umstellung	36
Abbildung 13: Boxplot der horizontalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der präoperativen skelettalen Dysgnathie. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach ventral, negative Werte eine Verlagerung nach dorsal.	42
Abbildung 14: Boxplot der horizontalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der Umstellungsart. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach ventral, negative Werte eine Verlagerung nach dorsal.	43
Abbildung 15: Boxplot der vertikalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der Skelettalen Dysgnathie. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach kranial, negative Werte eine Verlagerung nach kaudal.....	46
Abbildung 16: Boxplot der vertikalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der Umstellungsart. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach kranial, negative Werte eine Verlagerung nach kaudal.	47
Abbildung 17: Einfache lineare Regression Positionsänderung/Alter in Jahren	50
Abbildung 18: Zufriedenheit des funktionellen Ergebnisses (links) und Zufriedenheit des ästhetischen Ergebnisses (rechts) in absoluten Zahlen	55

Abbildung 19: Kreisdiagramm Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes Ai nach Helkimo	57
Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindex in Abhängigkeit des Alters in absoluten Zahlen	58
Abbildung 21: Patientenfragebogen	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klinische Studien über den Einfluss dysgnathiechirurgischer Eingriffe auf die Kiefergelenkssymptomatik.....	16
Tabelle 2: Kombinationsmöglichkeiten der bignathen und monognathen Umstellungsosteotomie	22
Tabelle 3: Präoperative Diagnosen aufgeteilt in sagittal, transversal und vertikal	23
Tabelle 4: Anatomische Messpunkte	25
Tabelle 5: Benötigte Linien und Punkte zur Beurteilung der horizontalen Position des Caput mandibulae	26
Tabelle 6: Horizontale Positionsänderung des Condylus zu allen drei Zeitpunkten.....	27
Tabelle 7: Horizontale Positionsänderung des Condylus in drei Gruppen unterteilt	27
Tabelle 8: Benötigte Linien und Punkte zur Beurteilung der vertikalen Position des Caput mandibulae	28
Tabelle 9: Vertikale Positionsänderung des Condylus zu allen drei Zeitpunkten.....	29
Tabelle 10: Vertikale Positionsänderung des Condylus in drei Gruppen unterteilt	29
Tabelle 11: Kombinationsmöglichkeiten der Verlagerungsausmaße.....	30
Tabelle 12: Benötigte Linien, Winkel und Punkte zur Beurteilung der Unterkieferverlagerung	31
Tabelle 13: Verlagerung des Unterkiefers zu allen drei Zeitpunkten	32
Tabelle 14: Messungenauigkeit der Strecken bei der Unterkieferverlagerung	32
Tabelle 15: Der anamnestische Dysfunktionsindex A _i nach Helkimo	33
Tabelle 16: Fragen des Fragebogens eingeteilt nach dem anamnestischen Dysfunktionsindex nach Helkimo	33
Tabelle 17: Häufigkeit der Umstellungsosteotomie nach Geschlecht.....	35
Tabelle 18: Le Fort I-Osteotomie mit und ohne sagittale Spaltung	37
Tabelle 19: Präoperative Diagnosen.....	37
Tabelle 20: Unterteilung des Patientengut in „high-angle“ oder „no/low angle“	38
Tabelle 21: Zeitintervall zwischen den FRS-Aufnahmen und dem Operationszeitpunkt.....	39
Tabelle 22: Horizontale Verlagerungsausmaße unabhängig vom Mundschluss.....	40

Tabelle 23: Horizontale Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit vom Mundschluss	40
Tabelle 24: Horizontale Verlagerungsausmaße in drei Gruppen aufgeteilt	41
Tabelle 25: Häufigkeitsverteilung der Patienten in die drei Gruppen in Abhängigkeit von der präoperativen skelettalen Dysgnathie.....	42
Tabelle 26: Horizontale Häufigkeitsverteilung der Patienten in Abhängigkeit der Umstellungsart	42
Tabelle 27: Vertikale Verlagerungsausmaße unabhängig vom Mundschluss.....	44
Tabelle 28: Vertikale Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit vom Mundschluss (Mundschluss=0).....	44
Tabelle 29: Vertikale Verlagerungsausmaße in drei Gruppen aufgeteilt	45
Tabelle 30: Häufigkeitsverteilung der Patienten in die drei Gruppen in Abhängigkeit von der präoperativen skelettalen Dysgnathie.....	46
Tabelle 31: Vertikale Häufigkeitsverteilung der Patienten in Abhängigkeit der Umstellungsart	46
Tabelle 32: Kombinierte Verlagerungsausmaße (Betrag) des Caput mandibulae	48
Tabelle 33: Positionsänderung (Betrag in mm) und die Ausprägungsrichtung in Abhängigkeit der Operationsindikationen	49
Tabelle 34: Häufigkeitsverteilung der Positionsänderung (Betrag) in Abhängigkeit des Geschlechts in absoluten Zahlen	49
Tabelle 35: Vertikale Verlagerung des Unterkiefers unabhängig und in Abhängigkeit vom Mundschluss	51
Tabelle 36: Horizontale Verlagerung des Unterkiefers unabhängig und in Abhängigkeit vom Mundschluss	52
Tabelle 37: Veränderung des Winkels NIs1u unabhängig und in Abhängigkeit vom Mundschluss	52
Tabelle 38: Häufigkeitsverteilung der mit "ja" beantworteten Fragen.....	54
Tabelle 39: Patientenangaben bezüglich der Schmerzlokalisation vor und nach Operation ..	55
Tabelle 40: Häufigkeitsverteilung der Skalen-Fragen 15 und 16.....	55
Tabelle 41: Präoperative Beschwerden in Abhängigkeit des Geschlechts und der skelettalen Dysgnathie.....	56
Tabelle 42: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes Ai nach Helkimo	57
Tabelle 43: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes in Abhängigkeit des Geschlechts	57

Tabelle 44: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes in Abhängigkeit der Umstellungsart 57

Tabelle 45: Häufigkeitsverteilung der high-angle und low/no-angle Patienten in Abhängigkeit des Dysfunktionsindexes 59

1. Einleitung

1.1. Einführung

Als Eugnathie definiert man die normgerechte Stellung der Kiefer zueinander und zur Schädelbasis mit Vorliegen einer Normokklusion (Schwenzer and Ehrenfeld, 2011). Unter Dysgnathie versteht man eine Abweichung von dieser Norm. Man unterscheidet zwischen dentalen und skelettalen Dysgnathien. Skelettale Abweichungen können sowohl angeboren als auch erworben sein und betreffen die Lage beziehungsweise die Gestalt eines oder beider Kiefer. Die gestörte Lagebeziehung bezieht sich entweder auf die Stellung des Kiefers zur Schädelbasis oder der Kiefer zueinander. Häufig sind Zahnstellungsanomalien und Störungen der Artikulation begleitende Erscheinungen. Das Auftreten von Dysgnathien wird bereits seit über 100 Jahren untersucht. In einer aktuellen Übersichtsarbeit von Alhammadi *et al.* (2018) zeigte sich, dass durchschnittlich ca. 25,3 % der Bevölkerung eine Dysgnathie aufweisen. Dies muss jedoch auch nach Bevölkerungsgruppen unterschieden werden. Die afrikanische Bevölkerungsgruppe wies mit nur ca. 10,5 % die wenigsten Dysgnathien auf. Am häufigsten betroffen ist die kaukasische Bevölkerungsgruppe mit ca. 28,8%. Bei den unterschiedlichen Dysgnathien gibt es auch in Deutschland erhebliche regionale Unterschiede, wobei in Süddeutschland eher Überentwicklungen des Unterkiefers vorkommen und in Norddeutschland eher Unterkiefrücklagen auftreten (Schwenzer and Ehrenfeld, 2002). Geschichtlich besonders hervorzuheben ist die bekannte „Habsburger Unterlippe“, die die Vererbung von Dysgnathien anhand dieses bekannten Adelsgeschlechts besonders hervorhebt (vgl. Abbildung 1). Etwa ein Drittel dieser bekannten Familie wies eine erbliche Überentwicklung des Unterkiefers, eine Progenie, auf (Joshi *et al.*, 2014).



Abbildung 1: Der Habsburgerherrscher Karl II. von Spanien (Marmorbüste, Kunsthistorisches Museum, Wien)

Bei der Behandlung einer Dysgnathie sind neben funktionellen Verbesserungen auch Änderungen der Ästhetik von besonderer Bedeutung, da sich das äußere Erscheinungsbild der Patienten erheblich verändern kann. Diese unterschiedlichen Punkte sind bei der Behandlungsplanung und -durchführung von besonderer Bedeutung (Converse and Horowitz, 1969). Jede „Dysgnathieoperation“ führt zwangsläufig zu einer Beeinflussung des Craniomandibulären Systems, wobei bereits vor einer Operation Beschwerden des craniomandibulären Systems vorgelegen haben können wie eine eingeschränkte Mundöffnung, Schmerzen der Kaumuskulatur oder hörbares Knacken oder Knirschen des Gelenks (Burakoff and Kaplan, 1993, Jung *et al.*, 2015). Auch können Patienten durch eine Operation Beschwerden entwickeln. Daher ist es wichtig, die Auswirkungen der Operation auf die Stellung der Kondylen zu verstehen und zu beurteilen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Beurteilung der Kondylenposition durch eine Umstellungsosteotomie des Ober- und/oder Unterkiefers. Zusätzlich erfolgte eine Befragung bezüglich der subjektivem Beschwerdesymptomatik im Bereich der Kiefergelenke. Hierzu wurden Patienten untersucht, bei denen im Zeitraum von 01.01.2009 bis 31.12.2017 eine Unterkiefrückverlagerung oder Unterkiefervorverlagerung, bzw. in beiden Kiefern, also „bimaxillär“ oder auch „bognath“, eine Umstellungsosteotomie durchgeführt wurde. Die Untersuchung erfolgte durch Analyse der Fernröntgenseitbilder, welche vor, unmittelbar nach der Operation und ca. sechs Monate postoperativ als Verlaufskontrolle erstellt wurden. Zusätzlich wurden den Patienten Fragebögen ausgehändigt, mit denen die subjektiven Beschwerden im Bereich der Kiefergelenke spezifiziert werden sollten.

1.2. Geschichtlicher Überblick

1.2.1. Operative Verfahren im Bereich der Mandibula

Der Ursprung der Umstellungsosteotomie des Unterkiefers lässt sich bis 1849 auf den Allgemeinchirurgen Simon P. Hullihen zurückführen. Seinen Fallbericht „Case of Elongation of the Underjaw and Distortion of the Face and Neck, Caused by a Burn, successfully treated“, den er 1849 veröffentlichte, gilt als der erste dokumentierte Fall einer orthognathen Chirurgie beziehungsweise „Dysgnathiechirurgie“ (Hullihen, 1849). Hierbei wurde eine anteriore Segmentosteotomie durchgeführt, bei dem ein Stück Knochen in Form eines Keils zwischen den Eckzähnen und 1. Prämolaren entfernt wurde (Hullihen, 1849). Erst 1897 wurde zum ersten

Mal der komplette Unterkieferkorpus in einer Operation bewegt. Vilray Blair, der zusammen mit dem Kieferorthopäden Edward Angle und dem Zahnarzt James Whipple eine mandibuläre Prognathie durch eine beidseitige Unterkieferrückverlagerung mittels beidseitiger horizontaler Osteotomie behandelte, publizierte dies als viel zitierte „St. Louis Operation“ (Blair, 1906, Whipple, 1898). Im gleichen Jahr gab es auch in Europa Entwicklungen zur Behandlung von Kieferfehlstellungen. Berger aus Frankreich beschrieb 1897 die Kondylektomie (Kondylusresektion) zur Korrektur einer Unterkieferüberentwicklung (Progenie) (Berger, 1897). Durchgeführt wurde diese Methode in Frankreich sogar noch bis 1950 (Steinhäuser, 1996). Eine Verbesserung der Operation von Blair, Angle und Whipple publizierte Blair in 1907. Er stellte die horizontale Osteotomie unterhalb des Condylus, aber oberhalb des Foramen mandibulae zur Korrektur einer Unterkieferrücklage (Retrognathie) vor, mittels der er den Unterkiefer nach vorne verlagern konnte. Hierdurch konnte der Nervus alveolaris inferior geschützt werden, gleichzeitig war auch die Blutungsneigung geringer (Blair, 1907). Eine zu Blair vergleichbare Methode der horizontalen Osteotomie im aufsteigenden Unterkieferast oberhalb des Foramen mandibulae wurde in Deutschland erst 1921 von Bruhn und Lindemann durchgeführt (Steinhäuser, 1996). Eine wichtige Änderung bei der horizontalen Osteotomie kam 1927 von Ernst, der diese von intraoral durchführte (Reuther, 2000). Probleme der horizontalen Osteotomie und auch der Kondylektomie waren die hohen Rezidivquoten von bis zu 50%. Da das proximale Fragment schlecht fixiert werden konnte und es nur einen sehr schmalen Knochenkontakt gab, konnte es dem Muskelzug des M. pterygoideus lateralis und des M. temporalis nicht standhalten (Sander *et al.*, 2011). Die entscheidende Weiterentwicklung in der „Dysgnathiechirurgie“ kam 1955 von Hugo Obwegeser, der zusammen mit Trauner die „Intraorale sagittale Spaltung der Mandibula“ veröffentlichte (Trauner and Obwegeser, 1955). Sie empfahlen eine stufenförmige sagittale Osteotomie, wodurch die Knochenanlagerungsfläche beträchtlich vergrößert wurde und sich die Rezidivquote verkleinerte. Die horizontale Osteotomielinie blieb weiterhin unterhalb der Incisura semilunaris und oberhalb des Canalis mandibulae, allerdings wurde der aufsteigende Unterkieferast mit dem Meißel sagittal gespalten. Der Nervus alveolaris inferior konnte so weitestgehend geschont werden (Bockmann *et al.*, 2014, Trauner and Obwegeser, 1955). Diese Methode wurde zum Standard der Unterkieferverlagerung und erfuhr in den darauffolgenden Jahren eine Reihe von Modifikationen. Die wichtigsten Modifikationen waren von Dal Pont (1959), Hunsuck (1968) und Epker (1977). Dal Pont versetzte die untere horizontale Osteotomielinie, die sich auf der bukkalen Seite befand, weiter nach anterior zwischen die

ersten und zweiten Molaren, wodurch ein 90° Winkel zwischen der lingualen und der bukkalen Osteotomielinie entstand. Die eigentliche sagittale Spaltung verlief dadurch über die Linea obliqua auf der bukkalen und durch den Sulcus mylohyoideus auf der lingualen Seite (Bockmann *et al.*, 2014, Dal Pont, 1959). Allerdings hatte man sowohl bei der Methode nach Obwegeser als auch bei der nach Dal Pont das Problem, dass die linguale Frakturlinie oftmals nicht bis zum basalen Unterkieferrand brach, sondern schon unterhalb des Foramen mandibulae frakturierte. Diese Erfahrung machte sich Hunsuck zunutze (Hausamen *et al.*, 2012b, Hunsuck, 1968). Im Gegensatz zu Dal Pont veränderte Hunsuck die linguale horizontale Osteotomielinie, und ließ diese auf Höhe des Foramen mandibulae enden. Die linguale Spaltung erfolgte entlang des Canalis mandibularis. Bukkal versetzte er die vertikale Osteotomielinie, die jetzt distal des zweiten Molaren angesetzt wurde (Bockmann *et al.*, 2014, Hunsuck, 1968). Epker erklärte 1977, dass es besonders wichtig ist, die mandibuläre Kortikalis vollständig zu osteotomieren um so das Risiko eines „bad splits“ (eine Fraktur in nicht gewollter Linie) des proximalen oder distalen Segments zu vermeiden (Epker, 1977).

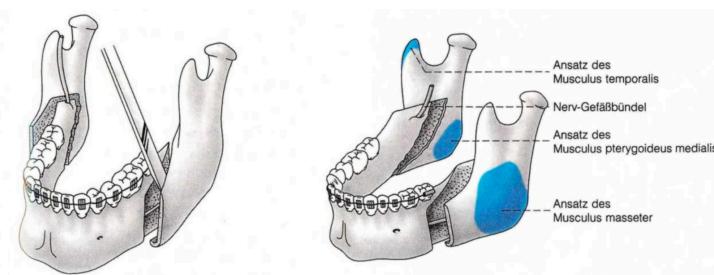


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer retromolaren sagittalen Osteotomie des Unterkiefers beidseits nach Obwegeser, in der Modifikation nach Hunsuck/Epker (Hoffmeister, 2007)

Die retromolare sagittale Unterkieferspaltung nach Hunsuck/Epker (Vgl. **Abbildung 2**), die im angloamerikanischen Bereich als BSSO („*bilateral sagittal split osteotomy*“) bezeichnet wird, ist die am häufigsten durchgeführte Dysgnathieoperation des Unterkiefers weltweit (Hausamen *et al.*, 2012b).

1.2.2. Operative Verfahren im Bereich der Maxilla

An die operative Korrektur des Oberkiefers traute man sich erst später als an die des Unterkiefers. Das lag unter anderem an der höheren Komplikationsrate dieser Operationen, insbesondere Blutungen, Nekrosen und Zahnverluste (Steinhäuser, 2003). Trotzdem wagten sich immer wieder Operateure an die Operation des Oberkiefers, jedoch nicht im Sinne einer „Dysgnathiechirurgie“ sondern zur Tumorexzision oder Entfernung von Nasenpolypen (Drommer, 1986). Eine wichtige Entwicklung kam aus Frankreich mit dem Allgemeinmediziner René Le Fort, der, obwohl kein Chirurg, das Gebiet der maxillären „Dysgnathiechirurgie“ nachhaltig beeinflusste (Le Fort, 1901). Er widmete sich dem Gebiet der anatomischen Pathologie und den Gesichtsfrakturen, die er an 35 Leichen mithilfe unterschiedlicher Instrumente selber verursachte. Seine Ergebnisse publizierte er 1901 in seinem Werk „Étude expérimentale sur les fractures de la mâchoire supérieure“. Le Fort fand heraus, dass das Mittelgesicht bei Gewalteinwirkung in drei charakteristischen Arten brach (Le Fort, 1901). Diese drei charakteristischen Frakturverläufe wurden später nach ihrem Entdecker, Le Fort, benannt. Die Frakturlinie nach **Le Fort I** verläuft von der Apertura piriformis oberhalb der Zahnwurzeln zum Tuber maxillae und in die Fossa pterygopalatina von wo aus die dorsale Kieferhöhlenwand bis zur medialen basalen Kieferhöhlenwand frakturiert. In der Nasenhöhle verläuft die Fraktur durch die Nasenscheidewand (Hausamen *et al.*, 2012a, Le Fort, 1901). In **Abbildung 3** ist diese Frakturlinie dargestellt. Bei der **Le Fort II-Fraktur** entsteht ein pyramidales Fragment des Mittelgesichts welches nach kranial im Bereich des Tränenbeins begrenzt ist (Hausamen *et al.*, 2012a, Le Fort, 1901). Die **Le Fort III-Fraktur** trennt das Viszerocranum vom Neurocranium auf dem Niveau der Orbita (Hausamen *et al.*, 2012a, Le Fort, 1901).

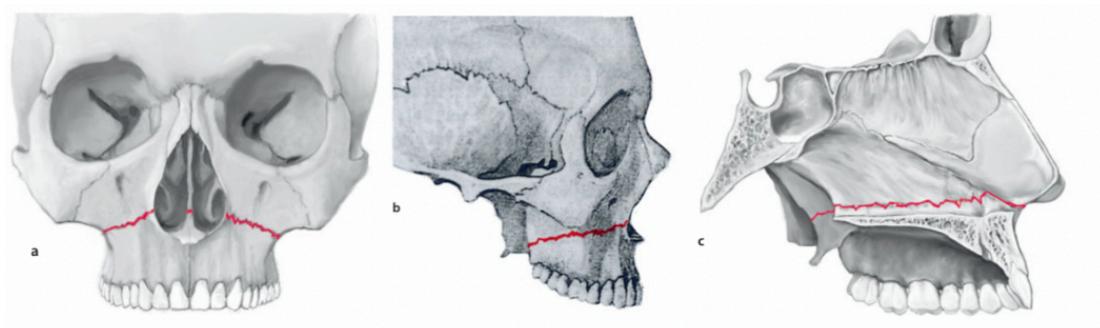


Abbildung 3: Le Fort I-Frakturlinienverlauf (Hausamen *et al.*, 2012a)

Erst 1927 erkannte Wassmund, dass die horizontale Osteotomie dafür geeignet war, eine von der Norm abweichende Position des Oberkiefers zu korrigieren (Wassmund, 1927). Er ist wahrscheinlich der erste Operateur, der die Maxilla mobilisierte, um einen offenen Biss zu korrigieren. Jedoch mobilisierte er den Oberkiefer nicht vollständig, da er die Flügelfortsätze nicht trennte. Der offene Biss wurde nach der Operation über intermaxilläre Gummizüge geschlossen (Wassmund, 1927, 1935). 1934 berichtete Axhausen von einer Osteotomie zur Korrektur einer ausgeheilten maxillären Fraktur mittels der er einen offenen Biss chirurgisch behandelte (Axhausen, 1934). Er publizierte damit den wohl ersten Fall, bei dem der Oberkiefer vollständig von all seinen umliegenden Strukturen gelöst und zusätzlich vertikal gespalten wurde. Durch diese „totale“ Oberkieferosteotomie war der Oberkiefer in allen drei Raumebenen vollständig beweglich.

Die entscheidende Verbesserung der Operationstechnik des Oberkiefers kam 1975 von Bell. Er entwickelte die sogenannte „downfracture-Methode“. Die Osteotomie wurde hierbei ventral der Wurzelspitzen von der Apertura piriformis bis zur pterygomaxillären Fissur durchgeführt. Anschließend wurden das Nasenseptum und der Pterygoidfortsatz durchtrennt. Nun war es möglich den Oberkiefer in allen drei Ebenen des Raumes zu bewegen. Er verwendete einen präoperativ hergestellten Splint zur Einstellung der korrekten Position, der für vier bis acht Wochen im Patientenmund belassen werden sollte (Bell, 1980).

1.3. Das Craniomandibuläre System

Das „Craniomandibuläre System“ besteht aus dem Ober- und Unterkiefer, der Kaumuskulatur und den Kiefergelenken. Das Kiefergelenk gliedert sich in zwei Kammern, die durch den Discus articularis getrennt werden. Die obere Kammer (diskotemporale Kammer) wird durch die Gelenkgrube des Os temporale, die untere (diskomandibuläre Kammer) durch den Unterkiefer begrenzt (Obrez and Türp, 1998). Der knöcherne Anteil der Gelenkgrube ist durch funktionelle Belastung erworbenen Faserknorpel bedeckt (Bumann and Lotzmann, 2000). Die artikulierenden Anteile des Unterkiefers sind das Collum mit seinem walzenförmigen Kondylus. Auch hier sind die artikulierenden Flächen mit Faserknorpel bedeckt. Der Faserknorpel gewährleistet ein reibungsloses Gleiten und überträgt die auf das Kiefergelenk wirkenden komprimierenden Kräfte auf den subchondralen Knochen (Breul and Breul, 2011, Radin and Paul, 1971). Der Discus articularis, welcher dem Kondylus aufliegt, ist an der

Gelenkkapsel befestigt. Hauptsächlich dient der Discus dazu, ein reibungsloses Gleiten und eine Abdämpfung von Belastungsspitzen zu garantieren (Bumann and Lotzmann, 2000, Obrez and Türp, 1998). Der Discus ist am medialen und lateralen Kondyluspol fixiert. Der dorsale Anteil des Discus articularis, auch bekannt als die bilaminäre Zone, füllt bei geschlossenem Mund den Raum hinter dem Kiefergelenk aus. Die bilaminäre Zone besteht aus 2 Blättern, einem Stratum superius und Stratum inferius (Breul and Breul, 2011, Bumann and Lotzmann, 2000). Zwischen beiden liegt das Genu vasculosum mit zahlreichen Gefäßen, Nerven und Fett (Bumann and Lotzmann, 2000, Fanghanel and Gedrange, 2007, Griffin and Sharpe, 1962). Die beiden Strata stabilisieren den Discus articularis bei Bewegung des Unterkiefers. Die Gelenkkapsel umgibt die knöchernen Anteile des Kiefergelenkes. Sie besteht aus vielen elastischen Fasern und wird durch einstrahlende Ligamente verstärkt (Schmolke, 1994). An der Innenseite der Kapsel wird Synovialflüssigkeit gebildet. Diese dient der Ernährung des Gelenkflächenknorpels und als Gleitmittel zur Reduktion der Friktion (Dijkgraaf *et al.*, 1996). Zusätzlich dient die Gelenkkapsel zur Wahrnehmung von Bewegungen und Lage der knöchernen Anteile zueinander. Die Gelenkkapsel ist zur Adaptation fähig, es kann zur Überdehnung oder Schrumpfung kommen. Bei andauernder unphysiologischer Überbelastung kann es zu einer Entzündung kommen (Bumann and Lotzmann, 2000). Der Musculus pterygoideus lateralis ist mit seinem Pars superior direkt am Discus articularis befestigt. Es ist also wahrscheinlich, dass dieser Muskel den Discus in seiner Position direkt beeinflussen kann (Schmolke, 1994).

1.3.1. Die Biomechanik des Kiefergelenks in Bewegung

Bei der Mundöffnung sind die suprathyoidale Muskulatur und der M. pterygoideus lateralis aktiviert. In der initialen Öffnungsphase erfolgt eine Rotation (Scharnierbewegung), mit einer darauffolgenden Translation (Gleitbewegung) (Breul and Breul, 2011). Der Diskus wird nach dorsal bewegt, wodurch er auf dem Kondylus stabilisiert wird (Osborn, 1985). Die terminale Phase ist die Phase der maximalen Mundöffnung. Der begrenzende Faktor ist hier die Gelenkkapsel und das Ligamentum laterale (Bumann and Lotzmann, 2000).

Der Mundschluss wird durch M. temporalis, M. masseter, M. pterygoideus medialis und durch das Caput superius des M. pterygoideus lateralis verursacht. Der Kondylus wird durch den M. pterygoideus lateralis in die Fossa zurückgezogen. Hierbei wandert der Diskus passiv in seine

ursprüngliche Lage zurück. Diese passive Bewegung wird durch die Fasern der bilaminären Zone ermöglicht, die bei der Mundöffnung angespannt und beim Mundschluss entspannt sind (Bumann and Lotzmann, 2000). Die Besonderheit des Kiefergelenks ist, dass anders als bei anderen Gelenken im Körper, die maximale Schließbewegung durch den Kontakt der Zähne begrenzt ist. Auch bieten diese eine Orientierung für die auszuführenden Bewegungen (Brown, 1975).

Die Lateralbewegungen des Unterkiefers werden durch Rotation des Arbeitskondylus um seine vertikale Achse durchgeführt. Stabilisiert wird dies entweder muskulär oder ligamentär. Der Kondylus der Mediotrusionsseite bewegt sich nach anterior, kaudal und medial. Hierbei werden die Gelenkflächen und die Gelenkkapsel belastet und die bilaminäre Zone entlastet (Bumann and Lotzmann, 2000). Jede Bewegung im Raum kann unterschieden werden in ihre maximale Bewegung und in ihre habituelle Bewegung (Posselt, 1952). Die maximale Beweglichkeit wird üblicherweise nicht ausgereizt, die habituelle Beweglichkeit beschreibt die üblicherweise vom Patienten eingenommene Position. Der Bewegungsspielraum des Kondylus wird im nächsten Abschnitt genauer untersucht.

1.3.2. Die Kondylenposition

Ein Großteil der Grundlagen des heutigen Wissens über die Lagebeziehung von Kondylus, Fossa und Diskus stammt aus Kadaverstudien des letzten Jahrhunderts (Rohlin *et al.*, 1985, Solberg *et al.*, 1985). Der Versuch die Kondylenposition zu definieren wurde in den vergangenen Jahrzehnten bereits mehrfach versucht (Becker *et al.*, 2000). Zurzeit werden vier verschiedene Positionen unterschieden.

Die zentrische Kondylenposition wird als kranio-ventrale, nicht seiterverschobene Position beider Kondylen definiert. Diese soll bei physiologischer Kondylus-Diskus-Relation und physiologischer Belastung der beteiligten Gewebe vorliegen (Lotzmann, 1999). Auch wird oft von einer zentralen Kondylenposition gesprochen, wenn beide Kondylen an der dünnsten Stelle des Diskus zu liegen kommen. Diese Position ist unabhängig von der Okklusion des Patienten anzusehen (Blarcom van, 1994).

Die habituelle Kondylenposition wird als gewohnheitsmäßig eingenommene Lage des Kondylus definiert. Hierbei spielt die statische Okklusion des Patienten eine wichtige Rolle.

Idealerweise sollte die habituelle Kondylenposition nicht von der zentralen Kondylenposition abweichen (Blarcom van, 1994, Lotzmann, 1999).

Die therapeutische Kondylenposition wird willkürlich vom Behandler festgelegt und hat das Ziel die funktionelle Einheit von Diskus und Kondylus wiederherzustellen. Die therapeutische Kondylenposition wird bei Behandlung von einer anterioren Diskusverlagerung und bei Kapsulitiden verwendet. Erreicht wird sie zum Beispiel durch Eingliederung einer Aufbisssschiene (Blarcom van, 1994, Lotzmann, 1999).

Eine weitere Kondylenposition wurde 1995 von Dawson definiert. Hierbei geht es um eine individuelle Adaptationsbreite, in der alle Fossa-Diskus-Kondylus-Relationen von der idealen Norm abweichen. Diese Kondylenposition ist am häufigsten anzutreffen (Dawson, 1995).

In den vergangenen Jahren hat es immer wieder Versuche gegeben die Kondylenposition während der „Dysgnathieoperation“ exakt einzustellen bzw. zu erhalten. Wird der Unterkiefer nicht richtig eingestellt, können Frührezidive, Okklusionsstörungen oder degenerative Deformitäten entstehen (Firoozei *et al.*, 2017, Luhr *et al.*, 1991, Rotskoff *et al.*, 1991). Bei degenerativen Deformitäten unterliegt der Kondylus Remodellationsvorgängen, die nicht mehr kompensiert werden können. Der mandibuläre Ramus wird verkürzt und das Wachstum des Unterkiefers wird behindert. Hierdurch können Craniomandibuläre-Dysfunktions-Beschwerden (CMD) auftreten (Firoozei *et al.*, 2017).

1.3.3. Störungen des craniomandibulären Systems

Bei Störungen und Beschwerden des stomatognathen Systems und auch der beteiligten Kopf- und Nackenmuskulatur wird von einer Craniomandibulären Dysfunktion (CMD) gesprochen (Burakoff and Kaplan, 1993, Scrivani *et al.*, 2008). Die mit CMD assoziierten Beschwerden sind multifaktoriell und nicht immer kann eine eindeutige Ursache festgestellt werden (Jung *et al.*, 2015). Vorliegende Symptome können unter anderem eine eingeschränkte Mundöffnung, Schmerzen der Kaumuskulatur oder des Kiefergelenks, hörbares Knacken oder Knirschen des Gelenks, Kopfschmerzen oder sichtbare Luxationen sein (Burakoff and Kaplan, 1993, Jung *et al.*, 2015). CMD Beschwerden kommen am häufigsten in der Altersgruppe von 20-50 Jahren vor. Das Verhältnis von Frauen zu Männern wird in der Literatur von 3:1 bis zu 9:1 beschrieben (Scrivani *et al.*, 2008).

Da die einzelnen Bestandteile des Craniomandibulären Systems nicht fest miteinander verbunden sind, können durch eine „Dysgnathiechirurgie“ Veränderungen auftreten. Sowohl bei der monognathen Umstellung des Unterkiefers, als auch bei einer bignathen Umstellung können diese Veränderungen die Kaumuskulatur, die einzelnen Teile des craniomandibulären Komplexes, das umliegende Weichgewebe und bestehende CMD Symptome betreffen (Jung *et al.*, 2015). Veränderungen entstehen zufällig oder können gezielt herbeigeführt werden. Gezielt geschieht dies, wenn der Operateur die Kondylen in der Fossa positioniert und diese entweder zentral oder retral positioniert. Zufällige Veränderungen sind jene, die durch die operationsbedingte Lage des Patienten, Ödeme, fehlerhafte Ausrichtung der proximalen Fragmente oder Lähmungen der Kaumuskulatur auftreten (Ellis, 1994).

In der Literatur gibt es widersprüchliche Aussagen über die Behandlung von Patienten mit bereits bekannter CMD Symptomatik. Ein Teil der Autoren ist der Ansicht, dass die „Dysgnathiechirurgie“ sich positiv auf die Probleme auswirkt, während andere Autoren der Überzeugung sind, dass ein Eingriff die Symptome noch verschlimmern kann. Das Hauptargument für eine chirurgische Behandlung ist die verbesserte Okklusion, wodurch sich idealerweise der Stress auf das craniomandibuläre System reduziert und das Kiefergelenk eine natürliche, entspannte Position einnehmen kann (Onizawa *et al.*, 1995). Gegner dieser Theorie führen an, dass der Eingriff die Kaumuskulatur negativ beeinflussen könnte (Wolford *et al.*, 2003) und es zu kondylären Veränderungen und Resorptionen kommen könnte (Crawford *et al.*, 1994). Auch werden präoperativ vorliegende CMD Symptome mit dem Auftreten skelettaler Rezidive assoziiert (Moore *et al.*, 1991).

1.4. Die kombiniert kieferorthopädische/kieferchirurgische Behandlung eines „Dysgnathiepatienten“

1.4.1. Indikation eines kieferchirurgischen Eingriffs

Eine Dysgnathie-Operation ist ein Wahleingriff, welche letztlich zwei wichtige Behandlungsziele hat. Zum einen geht es um den funktionellen Aspekt, d.h. durch die Optimierung der Verzahnung soll die Kaufunktion verbessert werden. Zum anderen soll die Ästhetik günstig beeinflusst werden, indem man die skelettalen Anomalien korrigiert und harmonisiert. Die Indikationsstellung und Planung des Eingriffs sollte immer in enger Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopädie und Kieferchirurgie erfolgen (Proffit *et al.*, 2013).

Dysgnathien können in zwei Gruppen eingeteilt werden, die dentoalveolären und die skelettalen Dysgnathien (Schwenzer and Ehrenfeld, 2011).

1.4.1.1. Dentoalveolare Fehlstellung

Bei den „*dentoalveolären Dysgnathien*“ stehen die Kieferbasen korrekt in Relation zur Schädelbasis und zueinander. Allerdings liegt eine Abweichung der Alveolarfortsätze und somit eine reine Zahnfehlstellung vor. Diese können zumeist durch eine alleinige kieferorthopädische Behandlung therapiert werden (Schwenzer and Ehrenfeld, 2011). Bei den dentoalveolären Dysgnathien wird nach 3 Klassen unterschieden. Diese wurden durch Edward Angle 1899 in „Classification of Malocclusion“ definiert (Angle, 1899). Hierbei handelt es sich um Bezugspunkte die in sagittaler Richtung die mesiodistale Okklusionsabweichung der Zähne definieren (Angle, 1899, Hausamen *et al.*, 2012b). Klasse I nach Angle bezeichnet die Normalverzahnung bzw. Neutralokklusion. Der mesiobukkale Höcker des oberen ersten Molaren greift in die Furche zwischen mesio- und mediobukkalen Höcker des unteren ersten Molaren. Der obere Eckzahn kommt mit seiner Spitze zwischen der unteren Eckzahnspitze und der Höckerspitze des ersten Prämolaren zu liegen (Angle, 1899). Klasse II nach Angle bezeichnet die Distalverzahnung bzw. Distalokklusion. Der untere Bezugspunkt ist nach distal verlagert (Angle, 1899). Klasse III nach Angle bezeichnet die Mesialverzahnung bzw. Mesialokklusion. Der untere Bezugspunkt ist nach mesial verlagert (Angle, 1899).

1.4.1.2. Skelettale Fehlstellung

Die „*skelettalen Dysgnathien*“ umfassen die Beziehung der Kieferbasen zur Schädelbasis, wodurch auch oftmals eine gestörte Beziehung der Kiefer untereinander vorliegt (Schwenzer and Ehrenfeld, 2011). Es kann zu einer gestörten Okklusion und Artikulation, zu einer Beeinträchtigung der Ästhetik und auch zu einer Beeinträchtigung der Funktion kommen (Fernandez *et al.*, 2018, Joshi *et al.*, 2014). Skelettale Dysgnathien können in allen drei Raumebenen auftreten (sagittale Raphe-Median-Ebene, koronale Tuberebene und transversale Kauebene). Die Diagnostik erfolgt mittels einer Modellanalyse, der Auswertung von Fernröntgenseitbildern (FRS) oder – wenn nötig – 3 dimensionaler Bildgebungen wie der digitalen Volumentomografie (DVT) oder Computertomographie (CT) (Wirthlin and Shetye, 2013). Die Fernröntgenseitaufnahme ermöglicht dem Behandler, die sagittale Beziehung zwischen Kondylus und Fossa, Zusammenhänge der in Okklusion befindlichen Zahnreihen, die Lage der Okklusionsebene, die vertikale Kieferrelation und die Beziehung zwischen sagittaler Kondylenbahneigung und Frontzahnhaltung auszuwerten (Ahlers *et al.*, 2011). Man sollte erst dann eine „*Dysgnathiechirurgie*“ in Betracht ziehen, wenn die nichtchirurgische kieferorthopädische Therapie an ihre Grenzen stößt (Roser *et al.*, 2011).

Die Diskrepanzen bei einer skelettalen Dysgnathie können sowohl in Lage als auch Größe vorliegen. Die Lageanomalien können in allen 3 Raumrichtungen vorliegen. Die sagittale Dimension umfasst die Retrognathie (Rücklage) oder die Prognathie (Vorlage) eines oder beider Kiefer (Wirthlin and Shetye, 2013). Die transversale Dimension beschreibt die Hyper- (Überentwicklung) oder Hypoplasie (Unterentwicklung) eines oder beider Kiefer. Dadurch können ein Kreuzbiss, bukkale oder linguale Non-Okklusion entstehen (Wirthlin and Shetye, 2013). Die vertikale Dimension umfasst den Tiefbiss (Klausognathie) und den offenen Biss (Apertognathie) (Schwenzer and Ehrenfeld, 2011). Außerdem können Rotationen der Kieferbasen um die senkrecht zu den Ebenen stehenden Achsen möglich sein. Kombinationen sind jederzeit möglich. Die Entscheidung eine Dysgnathie chirurgisch zu behandeln, hängt von mehreren Faktoren ab. Indikationen für eine chirurgische Therapie können die Herstellung einer funktionellen Okklusion und Artikulation, die Verbesserung der Sprechfunktion, parodontale Probleme, Zahnschäden, Kiefergelenksbeschwerden oder ästhetische Verbesserungen sein (Al-Moraissi *et al.*, 2017, Schwenzer and Ehrenfeld, 2011).

1.4.2. Ablauf der Behandlung

In der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Uniklinik Regensburg hat sich ein Mehrschrittverfahren zur bestmöglichen Behandlung des Patienten bewährt. Die Schritte teilen sich auf in:

1. Erstvorstellung (Überweisung von der KFO): Indikation, Aufklärung, OP-Risiken
2. Präoperative kieferorthopädische Behandlung (Vorbehandlung)
3. Zweitvorstellung: Vorstellung gegen Ende der präoperativen KFO, Terminvereinbarung
4. Drittvorstellung: Vorstellung nach Abschluss der präoperativen KFO, definitive OP-Planung
5. „Dysgnathieoperation“
6. Postoperative kieferorthopädische Behandlung (Nachbehandlung)
7. Retention und Nachsorge

1.4.3. Präoperative Behandlung und Planung

Die Behandlung einer skelettalen Dysgnathie beginnt in der Regel 1-2 Jahre vor dem chirurgischen Eingriff. Dies sollte interdisziplinär in synoptischer Zusammenarbeit mit der Kieferorthopädie, der Logopädie, der konservierenden Zahnheilkunde, Prothetik, Oralchirurgie und HNO erfolgen (Roser *et al.*, 2011). Benötigt wird eine ausführliche allgemeine und zahnmedizinische Anamnese, klinische Untersuchung mit Erhebung des dentalen Befundes, der Okklusionsverhältnisse bzw. der Relation von Ober- und Unterkiefer und Beurteilung des Zahnhalteapparats. Eine Panorammaschichtaufnahme, Fernröntgenseitbild, Fotodokumentation en face und im Profil und Modelle werden zusammengestellt. Nach der Auswertung der diagnostischen Unterlagen wird ein individueller Therapieplan erstellt. Dieser richtet sich nach der Art der Dysgnathie und beinhaltet Zeitbedarf, Methodik, angestrebte skelettale und dentale postoperative Situation, Koordination der Behandlungsschritte, mögliche Risikofaktoren und operative Zusatzmaßnahmen (Arnett and Gunson, 2010).

1.4.3.1. Kieferorthopädische Vorbehandlung

In den 1-2 Jahren vor dem operativen Eingriff werden die Zahnbögen mit einer festsitzenden kieferorthopädischen Multibandapparatur ausgeformt. Wichtig ist hierbei die vollständige Dekompenstation der Zahnfehlstellungen der einzelnen Zahnbögen, die durch die Anpassung an die skelettalen Anomalien entstanden sind. Werden die Zahnbögen präoperativ nicht dekomponiert kann es zu dentalen Störkontakten kommen, die eine ideale Positionierung der skelettalen Segmente verhindert. Auch wird durch die Dekompenstation eine möglichst sofortige stabile dentale und skelettale postoperative Okklusion angestrebt (Wirthlin and Shetye, 2013). Im Rahmen der Vorbehandlung werden auch notwendige oral-chirurgische, konservierende, implantologische und prothetische Vorbehandlungen durchgeführt (Roser *et al.*, 2011).

1.4.3.2. Definitive Operationsplanung

Der Operationszeitpunkt sollte erst nach Abschluss des Kieferwachstums erfolgen. Das skelettale Wachstum ist bei Mädchen schon weitgehend mit 16 Jahren, bei Jungen erst mit frühestens 18 Jahren abgeschlossen. Zur definitiven Operationsplanung gehört eine Modelloperation mit aktuellen Gipsmodellen und ein erneutes FRS mit welchem eine digitale Behandlungssimulation durchgeführt wird. Durch diese Kombination von Computersimulation und Modelloperation entscheidet der Behandler ob eine monognath oder bignath Umstellung vorgenommen wird. Berücksichtigt werden der Einfluss des skelettalen Anteils auf die Weichteilästhetik, die optimale Knochenanlagerungsfläche und etwaiger Einfluss auf die Kondylusposition, welches möglichst gering gehalten werden soll (Roser *et al.*, 2011).

1.4.4. Intraoperative Positionierungstechnik des Kiefergelenks

Die Doppelsplintmethode wurde erstmals 1977 von Lindorf erwähnt (Lindorf, 1977) und ist über die Jahre weiterentwickelt worden (Somsiri, 1987). Die Technik, die auch in der Klinik und Poliklinik der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Uniklinik Regensburg verwendet wird, basiert auf der Modifikation nach Somsiri (Somsiri, 1987). Bei einer bignathen Umstellung sind hierbei 2 interokklusale Splinte erforderlich. Mittels der Modelloperation im Artikulator werden hierzu im Labor zwei Kunststoffsplinte hergestellt: Zwischensplint und Zielsplint. Der Zwischensplint dient zur korrekten Einstellung des Oberkiefers (Lindorf, 1977,

Somsiri, 1987). Nach erfolgter Osteosynthese des Oberkiefers, wird der Zwischensplint entfernt und der Unterkiefer sagittal gespalten. Der Zielsplint wird jetzt eingegliedert und dient zur endgültigen Positionierung des Unterkiefers. Das proximale Segment, welches das Caput mandibulae beinhaltet, wird hierbei manuell durch den Operateur eingestellt (Costa *et al.*, 2008, Ellis, 1994).

1.5. Literaturübersicht

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über klinische Studien, in denen die „Veränderung des Kiefergelenks“ vor und nach dem operativen Eingriff dargestellt werden. Dargestellt wird die Anzahl der Patienten, die Geschlechterverteilung, das Patientenalter, die Art der Diagnostik und die Art der durchgeführten Operationstechnik. Auch wurde berücksichtigt ob bei den Patienten eine kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung oder eine rein kieferchirurgische Behandlung erfolgte. Die Diagnostik wurde in drei Abschnitte unterteilt. Es wurde zwischen einer klinischen Untersuchung, einem Fragebogen und der Bildgebung unterschieden. Kombinationen waren möglich. Die unterschiedlichen Bildgebungen wurden immer mit angegeben. Das Ergebnis bezieht sich auf die Veränderung des Kiefergelenks und etwaige Änderungen der Kiefergelenkssymptomatik. Wurde ein Follow-Up Intervall genannt, wurde dieses berücksichtigt und notiert.

Tabelle 1: Klinische Studien über den Einfluss dysgnathiechirurgischer Eingriffe auf die Kiefergelenkssymptomatik

Autor	Anzahl Patienten (M:W)	Alter (Jahre)	Präoperative Skelettale Klasse	Studiendesign	Diagnostik	Operationsart (KFO/KFC)	Ergebnis
Karabouita and Martis (1985)	280	k.A.	II (46) III (161) Offener Biss (45)	Prospektiv	+	-	BSSO (Nur KFC)
Magnusson <i>et al.</i> (1986)	20 (5:15)	21 (16-43)	II (3) III (12) Offener Biss (1)	Retrospektiv	+	+	BSSO±LeFortI KFO/KFC (13) Nur KFC (6)
Kerstens <i>et al.</i> (1989)	480	k.A.	II (338) III (142)	Retrospektiv, unkontrolliert	+	+	KFO/KFC (437) oder nur KFC
Smith <i>et al.</i> (1992)	22 (8:14)	26,3 (15,2- 53,2)	II	Prospektiv	+	+	BSSO (R) (KFO/KFC)
De Clercq <i>et al.</i> (1995)	196 (46:150)	25 (13-42)	II	Retrospektiv	+	-	BSSO±LeFortI Nur KFC
Onizawa <i>et al.</i> (1995)	30 (10:20)	k.A.	II (10) III (17)	Retrospektiv, Kontroll-gruppe (n=30)	+	+	BSSO±LeFortI Osteotomie (Nur KFC)
Panula <i>et al.</i> (2000)	60 (11:49)	33,2 (16-56)	II (49) III (11)	Prospektiv, Kontroll-gruppe (n=20)	+	+	BSSO±LeFortI (KFO/KFC)

Autor	Anzahl Patienten (M.W)	Alter (Jahre)	Präoperative Skelettale Klasse	Studiendesign	Diagnostik	Operationsart (KFO/KFC)	Ergebnis
Bildgebung							
Egermark <i>et al.</i> (2000)	52 (18:34)	27 (15-65)	II (526) III (580), Offener Biss (396)	Retrospektiv	+	+ Helkimo	- BSSO±LeFortI (KFO/KFC)
Westermark <i>et al.</i> (2001)	1516 (558:958)	26	II (526) III (580), Offener Biss (396)	Retrospektiv	+	+ Helkimo	- BSSO oder IVRO 2 Jahre-Follow-Up. Präoperativ: 43% CMD + Postoperativ: 28% CMD +
Dervis and Tunçer (2002)	50 (21:29)	29,3 (19-42)		Prospektiv, Kontroll-gruppe (n=50)	+	+ Helkimo	- BSSO±LeFortI (Nur KFC) Nur Nicht-Rigide
Ueki <i>et al.</i> (2002)	43	23,0 (15-37)	III	Retrospektiv	+	- axial cephalograph+ MRT	- BSSO±LeFortI (23 Patienten) IVRO±LeFortI (20 Patienten) (KFO/KFC)
Wolford <i>et al.</i> (2003)	25 (2:23)	24 (12-49)	II (24)	Retrospektiv	+	+ MRT	- BSSO±LeFortI 2 Jahre-Follow-Up. Signifikante Zunahme der CMD Symptome postoperativ bei Patienten mit bereits präoperativen CMD Symptomen.
Pahkala and Heino (2004)	72 (23:49)	32 (16-53)	II (46) III (14) Offener Biss (4)	Retrospektiv	+	+ Helkimo	- BSSO (KFO/KFC)
Borsigap <i>et al.</i> (2004)	222 (53:169)	25,2±8,2 (13-53)	II	Prospektiv	+	-	- BSSO (KFO/KFC)
Kallela <i>et al.</i> (2005)	40 (11:29)	29 (17-54)	II	Retrospektiv	+	+ Helkimo	- BSSO (KFO/KFC)
Farella <i>et al.</i> (2007)	14 (5:9)	22,9±4,7 (18-35)	III	Prospektiv	+	-	- BSSO±LeFortI (KFO/KFC)

Autor	Anzahl Patienten (M:W)	Alter (Jahre)	Präoperative Skelettale Klasse	Studiendesign	Diagnostik		Operationsart (KFO/KFC)	Ergebnis
					Prä-/postop. klinische Untersuchung	Fragebögen		
Bildgebung								
Dujoncqoy et al. (2010)	57 (22;35)	31,2 (16-65)	k.A.	Retrospektiv, unkontrolliert	-	+	BSSO±Le (KFO/KFC)	Fort I Signifikante Zunahme postoperativer Geräusche CMD
Abrahamsson et al. (2013)	98 (38;60)	22,4±7,5	II (27) III (58) Offener Biss (13)	Retrospektiv, Kontroll-gruppe (n=56)	+	+	BSSO, IVRO, LeFortl (KFO/KFC)	36 Monats-Follow-Up. Statistisch signifikante Abnahme in Häufigkeit für myofasziale Schmerz, Discus Dislokation und Arthralgie postoperativ für alle Dysgnathien.
Chen et al. (2013)	31 (9;22)	27,0±5,4(19-40,5)	II	Prospektiv, unkontrolliert	+	-	DVT	Keine Signifikanz Trend: ↓CMD Symptomatik Es gab Veränderungen in der Kiefergelenkposition → haben aber keine CMD Zunahme verursacht
Lee et al. (2013)	20 (5;15)	25,2 (18-51)	III	Prospektiv	+	+	DVT	Keine signifikante Änderung der Kiefergelenkposition und der Kiefergelenksgeräusch. Signifikante postoperative Abnahme der Schmerzen und Blockaden des Kiefergelenks.
Scolozzi et al. (2015)	219 (96;123)	24,9 (15-56)	II (76) III (51) Offener Biss (42)	Retrospektiv	+	+	BSSO+LeFortI (Nur KFC)	1 Jahr-Follow-Up. Kiefergelenksknacken war das einzige signifikante vorhersagende Symptom für CMD. Signifikante ↓ der maximalen Mundöffnung und Protrusion postoperativ.
Yoon et al. (2015)	15 (4;11)	24,8±2,8 (21-31)	III	Retrospektiv, Kontroll-gruppe (n=15)	+	+	DVT	Mind. 6 Monats-Follow-Up. Stat. signifikante ↓ KGeräusche und Schmerzen postop. Kontrollgruppe: CMD-Behandlung, signifikante ↓ der KGeräusche aber nicht Schmerzen.
Antonarakis et al. (2017)	88 (39;49)	24,5±9,6	III	Retrospektiv, unkontrolliert	+	+	BSSO±LeFortI	Trend: ↓CMD Symptomatik Präoperatives anamnestisches CMD klicken + Bignathe Umstellung → höheres Risiko für Entwicklung von CMD

2. Material und Methoden

2.1. Patientenkollektiv

In der vorliegenden Dissertation wurden 141 Patienten retrospektiv untersucht, die sich im Zeitraum von 01.01.2009 bis 31.12.2017 einer Unterkiefervorverlagerung, Unterkieferrückverlagerung oder einer bignathen Umstellungsosteotomie in der Klinik und Poliklinik der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Regensburg unterzogen. Voraussetzungen zum Einschluss in die Studie waren:

- Durchgeführte „Dysgnathiechirurgie“
 - monognathe Verlagerung des Unterkiefers (BSSO)
 - einzeitiges bignathes Vorgehen zur Verlagerung des Ober- und Unterkiefers (BSSO + Le Fort I)
- Einstellung des Kiefergelenks mittels der Doppelsplintmethode während der „Dysgnathiechirurgie“
- Fernröntgenseitbilder (FRS):
 - Vor der Operation (T1: Behandlungsbeginn)
 - nach der Operation (T2: im Behandlungsverlauf, ca. 5 Tage postoperativ)
 - Verlaufskontrolle (T3: Behandlungskontrolle, ca. 6 Monate postoperativ).
- Vorhandene, präoperativ angefertigte Planung im OnyxCeph^{3TM} Planungsprogramm (Image Instruments GmbH, Chemnitz, Deutschland)

Ausgeschlossen wurden folgende Patienten von der Studie:

- Syndrompatienten, bei denen eine Osteotomie in der Le Fort II- oder Le Fort III-Ebene durchgeführt wurden
- Zweizeitiges bignathes Vorgehen zur Verlagerung des Ober- und Unterkiefers

2.2. Ethische Aspekte

Die Zustimmung der Ethikkommission der Universität Regensburg, welche eine Anfertigung postoperativer Verlaufskontroll-Röntgenbilder gestattete, wurde unter der Antragsnummer Z-2017-0755-9 erteilt.

2.3. Ablauf der „Dysgnathieoperation“

2.3.1. Die definitive Operationsplanung

Zur definitiven Operationsplanung gehört die Durchführung einer Modelloperation. An der Uniklinik Regensburg wird hierfür der 3-D-Orthognathic-Surgery-Simulator (3-D-OSS) nach Krenkel und Lixl verwendet (Csaszar and Niederdellmann, 2000, Krenkel and Lixl, 1991). Die neu hergestellten Patientenmodelle werden hierbei schädelbezüglich mittels Gesichtsbogen und Bissnahme in zentrischer Okklusion einartikuliert (Csaszar and Niederdellmann, 2000). Zusätzlich wird noch ein Fernröntgenseitbild angefertigt an dem eine digitale Behandlungssimulation mittels der Software OnyxCeph™ (Image Instruments GmbH, 2007) durchgeführt werden kann. Die Strecken der Computersimulation werden auf die Modelloperation übertragen und somit überprüft. Die gewünschten OP-Positionen werden mittels Splint fixiert. Die Operationssplints sind laborgefertigte Einbisschienen, die aus Kunststoffpolymerisat hergestellt werden. Abhängig von der Art des Eingriffs werden ein oder zwei Splinte hergestellt. Wird eine monognathe Umstellung durchgeführt, reicht ein Zielsplint, der die Endposition festlegt. Wenn jedoch beide Kieferbasen bewegt werden sollen, benötigt man auch einen Zwischensplint, der zunächst den einen Kiefer in seiner Endposition befestigt und dann den Zielsplint, der den anderen Kiefer passend zum bereits verlagerten Kiefer fixiert (Somsiri, 1987). Zusätzlich zur intraoperativen Einstellung der Kiefer, hat der Zielsplint auch postoperativ noch eine wichtige Funktion. Durch seinen Vielpunktkontakt sichert er nach Lösen der intermaxillären Fixation die gewünschte Position für einen postoperativen Zeitraum von 2-4 Wochen. Oftmals ist dieser an den Brackets im Oberkiefer befestigt und Führungsgummis helfen dem Patienten, die gewünschte Position sicher aufzufinden. Hierdurch kann durch eine neuromuskuläre Adaptation eine Umstellung der Muskelfunktion herbeigeführt werden (Farronato *et al.*, 2011).

2.3.2. Retromolare sagittale Osteotomie nach Obwegeser, modifiziert nach Hunsuck/Epker

Begonnen wird mit der winkelförmigen Schnittführung über den aufsteigenden Unterkieferast bis zum zweiten Prämolaren. Es wird ein Mukoperiostlappen präpariert und die Muskelschlinge wird im Kieferwinkelbereich vom Knochen abgeschoben. Dann erfolgt die Präparation auf der linguale Seite im Bereich des aufsteigenden Unterkieferastes bis zur Inzisura semilunares. Der

Eintrittspunkt des Nervus alveolaris inferior wird sondiert und über dem Eintrittspunkt wird die horizontale Osteotomie bis zur Lingula durchgeführt. Auf der lingualen Seite wird dann weiter sagittal bis zum ersten Molaren osteotomiert. Auf der vestibulären Seite wird die vertikale Osteotomie bis zur Unterkieferbasis durchgeführt. Das Vorgehen ist auf beiden Seiten des Unterkiefers identisch. Nun schließt sich die eigentliche sagittale Spaltung an, hierbei wird meiste Meißel und Dehnzange verwendet. Auf beiden Seiten sollte sich nun der Nervus alveolaris inferior im zahntragenden Fragment befinden. Der Unterkiefer wird mobilisiert und der Zielsplint wird intermaxillär befestigt. Die Oberkiefer-Unterkiefer-Einheit wird kontrolliert und das proximale Segment wird in der Fossa manuell durch den Operateur eingestellt. Auf beiden Seiten werden Miniosteosyntheseplatten zur Osteosynthese verwendet. Nach erfolgtem Wundverschluss wird die intermaxilläre Fixierung gelöst und der Unterkiefer über Führungsgummis in der Zielsplintposition fixiert.

2.3.3. Bimaxilläre Umstellungsosteotomie

Eine Miniosteosyntheseschraube wird im Bereich der Glabella eingedreht und als Referenzpunkt verwendet. Es erfolgt die Durchtrennung des Oberkiefervestibulums und ein Mukoperiostlappen wird präpariert. Die horizontale Osteotomie in der Le Fort I-Ebene wird durchgeführt. Der Nasenschlauch wird abpräpariert und das Nasenseptum gelöst. Es muss darauf geachtet werden, dass sowohl paranasal als auch die Flügelfortsätze getrennt bzw. geschwächt werden müssen. Es schließt sich die eigentliche „downfracture“ Methode nach Bell an wodurch der Oberkiefer vom Gesichtsschädel getrennt wird. Im Falle eines transversalen Platzmangels wird der Oberkiefer zusätzlich sagittal gespalten. Der Zwischensplint wird in Ober- und Unterkiefer mit Hilfe von Drahtligaturen eingebunden. Hierdurch wird eine starre intermaxilläre Fixierung hergestellt. Nach der gewünschten Verlagerung wird der Oberkiefer mit Miniosteosyntheseplatten in der gewünschten Position befestigt. Es erfolgt die Readaptation der paranasalen Muskulatur, die Fixierung des Nasenseptums und der dichte Wundverschluss. Der Zwischensplint wird entfernt und es folgt die Zuwendung zum Unterkiefer. Dieser wurde im vorherigen Abschnitt schon beschrieben, wird hier also nicht mehr erwähnt.

2.4. Umstellungsart

Bei einer bignathen Umstellungsosteotomie werden sowohl Ober- als auch Unterkiefer verlagert. Die Kiefer können jeweils vor- oder zurückverlagert werden. Hierdurch ergaben sich vier Kombinationsmöglichkeiten. Die monognathe Umstellung fand nur im Unterkiefer statt, hierbei konnte der Unterkiefer vor- oder zurückverlagert werden. Die Kombinationsmöglichkeiten sind in **Tabelle 2** dargestellt.

Tabelle 2: Kombinationsmöglichkeiten der bignathen und monognathen Umstellungsosteotomie

Bignathe Umstellung	Monognathe Umstellung
Oberkiefervorverlagerung (OKV) mit Unterkieferrückverlagerung (UKR)	Unterkiefervorverlagerung (UKV)
Oberkiefervorverlagerung (OKV) mit Unterkiefervorverlagerung (UKV)	Unterkieferrückverlagerung (UKR)
Oberkieferrückverlagerung (OKR) mit Unterkieferrückverlagerung (UKR)	-
Oberkieferrückverlagerung (OKR) mit Unterkiefervorverlagerung (UKV)	-

Im Oberkiefer wurde unterschieden, ob bei den Patienten die Le Fort I-Osteotomie mit oder ohne sagittale Spaltung, zur Verbreiterung des Oberkiefers durchgeführt wurde. Des Weiteren wurde bei sagittaler Spaltung beachtet, ob eine Distraktion durchgeführt wurde. Hierdurch ergaben sich drei Möglichkeiten. Diese sind in **Abbildung 4** dargestellt.

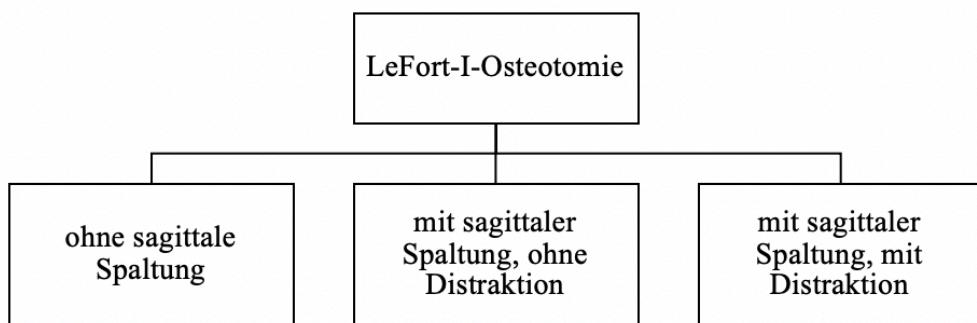


Abbildung 4: Le Fort I-Osteotomie mit und ohne sagittale Spaltung

2.5. Präoperative Diagnosen

Es gab verschiedene Indikationen für eine „Dysgnathieoperation“. Die festgelegte Diagnose erfolgte in Kooperation mit der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Regensburg. Dabei war es möglich, mehrere „Diagnosen“ für einen Patienten zu stellen. Unterschieden wurde hier zwischen sagittalen, transversalen und vertikalen Diagnosen. Bestimmt wurden diese durch die klinische Untersuchung, Fotostataufnahmen vom Profil und en face, den Gipsmodellen und dem präoperativen Fernröntgenseitenbild (T1). Berücksichtigt und dokumentiert wurden auch vorangegangene Operationen, insbesondere der Zustand nach einer Gaumennahterweiterung (GNE) oder nach einer behandelten Lippen-Kiefer-Gaumenspalte (in verschiedenen Ausprägungen möglich). Mögliche präoperative Diagnosen aufgeteilt nach sagittal, transversal und vertikal sind in **Tabelle 3** dargestellt.

Tabelle 3: Präoperative Diagnosen aufgeteilt in sagittal, transversal und vertikal

Sagittale Diagnosen	Transversale Diagnosen	Vertikale Diagnosen
Skelettale Klasse II	Laterognathie	Erhöhte dentale Exposition/ Gummy Smile
Skelettale Klasse III	Mittellinienverschiebung	Frontal offener Biss
Oberkieferkompression	Transversale Enge	Seitlich offener Biss
Mittelgesichtshypoplasie		Zirkulär offener Biss

2.6. Die Fernröntgenseitenbilder und das OnyxCeph3™

Das Fernröntgenseitenbild (FRS) ist eine laterale Schädelaufnahme und wird bereits seit vielen Jahren zur Diagnostik in der Kieferorthopädie und -chirurgie angewendet. Hofrath berichtete bereits 1931, dass das FRS „zur Analysierung der Gebissirregularitäten und Kieferdeformierungen“ keinesfalls eine neue Entdeckung ist, jedoch die Distanz zwischen Objekt und Film mindestens 2 m oder mehr betragen sollte (Hofrath, 1931). Dies hat zur Folge, dass der Strahlengang praktisch parallel ist, wodurch die Projektion des Gesichtsschädels nur eine geringe Vergrößerung und Verzerrung aufweist. Wurde bei älteren Röntgenapparaten noch ein Abstand von 4 m eingestellt, so ist heutzutage die korrekte Projektion auch mittels eines Abstandes von 1,5 m möglich (Kahl-Nieke, 2010). Der Patient sitzt oder steht (je nach Apparat), der Kopf ist nach der Frankfurter Horizontalen (FH) parallel zum Strahlengang ausgerichtet (Sander *et al.*, 2011). Einstellhilfen helfen die Kopfposition korrekt und

reproduzierbar einzustellen. Der Zentralstrahl muss senkrecht zur Medianebene verlaufen und 1 cm vor dem Porus acusticus externus auf den Jochbeinbogen treffen (Weber, 2016). Die Informationen, die man mittels FRS gewinnt, beziehen sich auf den sagittalen und vertikalen Gesichtsschädelaufbau. Es können die sagittale Einlagerung des Ober- und Unterkiefers in ihrer Relation zueinander und zur Schädelbasis, die Qualität des skelettalen Wachstumsmusters, die Achsenstellung der Inzisivi und die sagittale Position der Molaren beurteilt werden.

Für die Anfertigung der Röntgenbilder wurde ein digitales Röntgengerät der Firma Sirona (Orthophos XG, Sirona Dental GmbH, Salzburg, Österreich) und die dazugehörige Bearbeitungssoftware (Sidexis XG, Sirona Dental GmbH, Wals, Österreich) verwendet. Der Abstand zwischen Film und Patient beträgt beim Orthophos XG 1,5 m. Während der Aufnahme nimmt der Patient, wenn möglich, die habituelle Okklusion ein. Es wird der ganze Schädel geröntgt. Je nach Schädelgröße wurde eine Stromstärke von 13-15 mA und eine Spannung zwischen 77-89 kV gewählt.

Bis 2011 wurden die Bilder mittels eines analogen Röntgengerätes (Siemens Multigraph, Fa. Siemens AG, München, Deutschland) angefertigt. Das Aufnahmesystem besteht aus der Röntgenröhre, einer Kassette mit Sensorfolie, dem Generator und Zubehör. Der Abstand zwischen Film und Patient beträgt 4 m. Analog angefertigte Aufnahmen konnten mittels eines Scanners (Medi-2200 Plus, Microtek International Inc., Hsinchu, Taiwan) digitalisiert werden.

2.6.1. Digitale Operationssimulation

Die präoperativen FRS wurden mittels der Analyse von Prof. Dr. F. Sander analysiert. Diese beruht auf häufig genutzten Werten der Literatur und basiert auf der modifizierten COGS-Analyse von Burstone *et al.* (1978). Der Winkel ML-NSL spielt eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Neigung der Mandibula zur anterioren Schädelbasis. Der Mittelwert wurde bei 28° festgelegt. Die posteriore Neigung der Mandibula wurde durch Werte über 28° und die anteriore Neigung wurde durch Werte unter 28° definiert. Die Patienten wurden aufgrund des Mandibular-Winkels ML-NSL in eine „high-angle“ und in eine „no/low-angle“ Gruppe eingeteilt, d.h. der Winkel ist größer 32° („high-angle“) oder kleiner gleich 32° („no/low-angle“).

2.7. Retrospektive FRS-Analyse

Bei der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern wurden sowohl anatomische Messpunkte als auch daraus konstruierte Punkte verwendet (Vgl. **Tabelle 4**). Anatomische Messpunkte werden an tatsächlichen Knochenstrukturen festgemacht, während konstruierte Punkte durch geometrische Konstruktion entstehen, ausgehend von anatomischen Messpunkten (Vgl. **Tabelle 4** und **Abbildung 5**). Der Vergleich der drei FRS wurde nicht mit dem Planungsprogramm OnyxCeph^{3TM}, sondern durch einen Untersucher an analogen Röntgenbildern mittels Negatoskop (Rex Messinstrumentebau GmbH, Erlangen, Deutschland) durchgeführt. Der Vergrößerungsfaktor konnte anhand eines mitgeröntgten Lineals einberechnet werden. Da der Fokus der vorliegenden Dissertation auf dem Kiefergelenk liegt, diente die Arbeit von Ueki *et al.* (2002), der Veränderungen des Kiefergelenks im MRT untersuchte, als Basis zur Entwicklung der konstruierten Strecken und Winkel im FRS. Somit war es möglich, eventuelle Veränderungen zwischen den drei Untersuchungszeitpunkten der einzelnen Patienten zu vergleichen. Unterschieden wurde bei der Auswertung zwischen den Patienten, die während der FRS-Aufnahme den Mund in habitueller Okklusion geschlossen hatten und den Patienten, die keinen Mundschluss aufwiesen. Definiert wurde dieser Mundschluss durch den Kontakt der 1. Molaren.

Tabelle 4: Anatomische Messpunkte

S	Sella	Mitte der Fossa hypophysialis.
N	Nasion	Anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis.
Pog	Pogonion	Anteriorster Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene.
Spa	Spina nasalis anterior	Spitze der knöchernen Spina nasalis anterior; anteriore Begrenzung der Maxilla.
Spp	Spina nasalis posterior	Schnittpunkt der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina mit dem Nasenboden. Posteriore Begrenzung der Maxilla.
Cond	Condylon	Kranialster Punkt des Condylus articulare.
F	Fossa	Kranialster Punkt der Fossa mandibularis
Is1o	Inzision superior	Spitze der Schneidekante des am weitesten labial stehenden oberen mittleren Schneidezahn
Is1u	Inzision inferior	Spitze der Schneidekante des am weitesten labial stehenden unteren mittleren Schneidezahn

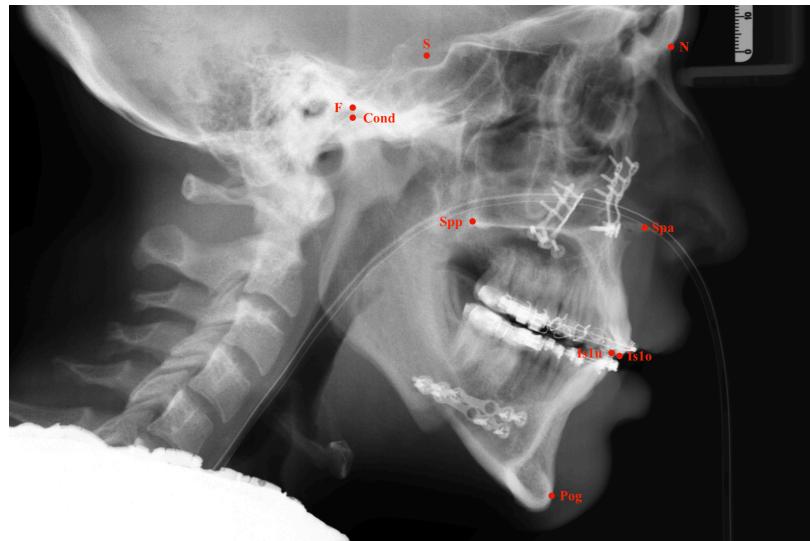


Abbildung 5: Anatomische Punkte im FRS am Beispiel eines postoperativen FRS

2.7.1. Bestimmung der horizontalen Position des Caput mandibulae

Die von der Operation unbeeinflusste Nasion-Sella-Linie wurde als Referenzlinie in allen drei FRS-Bildern verwendet. Der kranialste Punkt des Condylus articulare (Cond) und der kranialste Punkt der Fossa mandibulare (F) wurden bestimmt. Das Lot von der Nasion-Sella-Linie durch die beiden Punkte Cond und F wurde gefällt. Der Schnittpunkt dieser Linie mit der Nasion-Sella-Linie ist der Punkt Q. Die Lage des Caput mandibulae in horizontaler Richtung wurde durch den Abstand von Punkt Q zur Sella-Mitte, bezeichnet als Strecke X, beurteilt. Die benötigten Linien und Punkte zur Beurteilung der horizontalen Position des Caput mandibulae sind in **Tabelle 5** und **Abbildung 6** dargestellt.

Tabelle 5: Benötigte Linien und Punkte zur Beurteilung der horizontalen Position des Caput mandibulae

S	Sella	Mitte der Fossa hypophysialis
N	Nasion	Anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis
NSL	Nasion-Sella-Linie	Verbindungsline zwischen Nasion und Sella; Referenzlinie zur Bestimmung der Neigung der anterioren Schädelbasis.
X	Strecke von Sella bis Senkrechte zum Condylon	Zur Beurteilung der Lage des Condylus in horizontaler Richtung
Q	Schnittpunkt der Linie durch Cond und F laufend, senkrecht auf NSL	Zur Beurteilung der Lage des Condylus

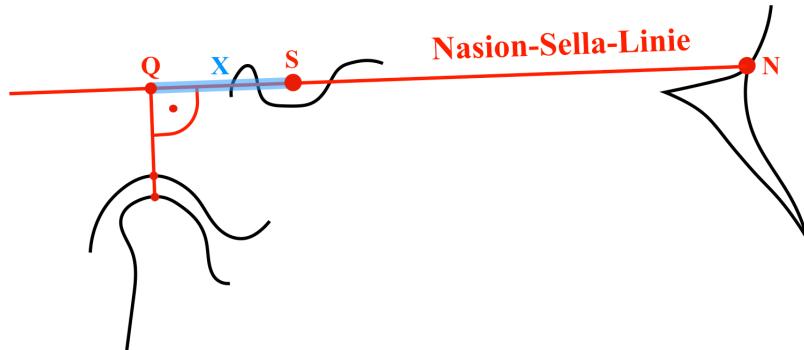


Abbildung 6: Skizze der horizontalen Messmethode

Die Positionsänderungen des Caput mandibulae in der horizontalen Richtung wird durch die Veränderung der Strecke X bestimmt. Um diese Veränderung darstellen zu können, wurde die Strecke X zu allen drei Untersuchungszeitpunkten vermessen (**Tabelle 6**).

Tabelle 6: Horizontale Positionsänderung des Condylus zu allen drei Zeitpunkten

Zeitpunkt	Veränderung der Strecke X	Beschreibung
T2-T1	d1X	Differenz der Strecke X zwischen dem präoperativen und postoperativen FRS
T3-T2	d2X	Differenz der Strecke X zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem postoperativen FRS
T3-T1	d3X	Differenz der Strecke X zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem präoperativen FRS

Berücksichtigt wurde eine Messgenauigkeit von 1 mm. Da die Verlagerungen sowohl positive als auch negative Werte annehmen konnten, konnte man somit die Verlagerungen in 3 Gruppen unterteilen (**Tabelle 7**).

Tabelle 7: Horizontale Positionsänderung des Condylus in drei Gruppen unterteilt

Horizontale Verlagerungen	
< -1 mm	Dorsale Verlagerung (D)
$\geq -1 \text{ und } \leq 1 \text{ mm}$	Keine Verlagerung (0)
> 1 mm	Ventrale Verlagerung (V)

2.7.2. Bestimmung der vertikalen Position des Caput mandibulae

Auch zur Beurteilung der vertikalen Position des Caput mandibulae wurde die Nasion-Sella-Linie verwendet. Es wurde erneut die senkrechte Linie von der Nasion-Sella-Linie durch die beiden Punkte Cond und F gehend eingezeichnet. Der Abstand zwischen Cond und F wurde als Strecke Y definiert. Strecke Y stellte somit die Lage des Condylus in vertikaler Richtung dar. Die benötigten Linien und Punkte zur Beurteilung der horizontalen Position des Caput mandibulae sind in **Tabelle 8** und **Abbildung 7** dargestellt.

Tabelle 8: Benötigte Linien und Punkte zur Beurteilung der vertikalen Position des Caput mandibulae

S	Sella	Mitte der Fossa hypophysialis
N	Nasion	Anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis
NSL	Nasion-Sella-Linie	Verbindungsline zwischen Nasion und Sella; Referenzlinie zur Bestimmung der Neigung der anterioren Schädelbasis
Q	Schnittpunkt der Linie durch Cond und F laufend, senkrecht auf NSL	Zur Beurteilung der Lage des Condylus
Y	Strecke der Punkte Condylon und Fossa	Zur Beurteilung der Lage des Condylus in vertikaler Richtung

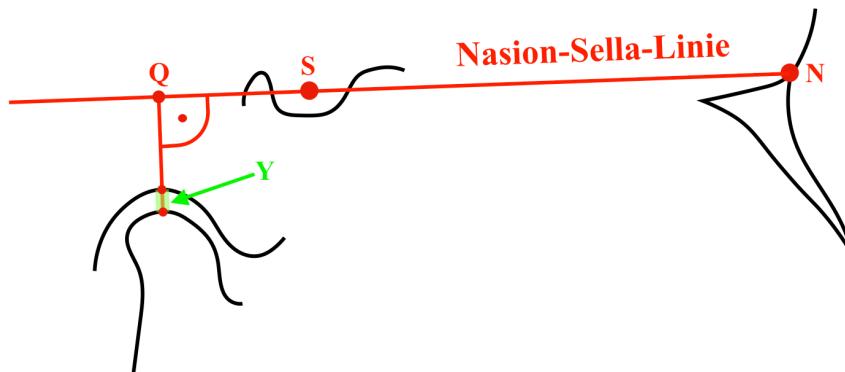


Abbildung 7: Skizze der vertikalen Messmethode

Die Positionsänderungen des Caput mandibulae in der vertikalen Richtung wird durch die Veränderung der Strecke Y bestimmt. Um diese Veränderung darstellen zu können, wurde die Strecke Y zu allen drei Zeitpunkten vermessen wie in **Tabelle 9** ersichtlich.

Tabelle 9: Vertikale Positionsänderung des Condylus zu allen drei Zeitpunkten

Zeitpunkt	Veränderung der Strecke Y	Beschreibung
T2-T1	d1Y	Differenz der Strecke Y zwischen dem präoperativen und postoperativen FRS
T3-T2	d2Y	Differenz der Strecke Y zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem postoperativen FRS
T3-T1	d3Y	Differenz der Strecke Y zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem präoperativen FRS

Auch vertikal wurde eine Messgenauigkeit von 1 mm berücksichtigt. Da die Verlagerungen sowohl positive als auch negative Werte annehmen konnten, wurden die Verlagerungen in 3 Gruppen unterteilen, wie in **Tabelle 10** ersichtlich.

Tabelle 10: Vertikale Positionsänderung des Condylus in drei Gruppen unterteilt

Vertikale Verlagerungen	
< -1 mm	Kraniale Verlagerung (KR)
≥ -1 und ≤ 1 mm	Keine Verlagerung (0)
> 1 mm	Kaudale Verlagerung (KA)

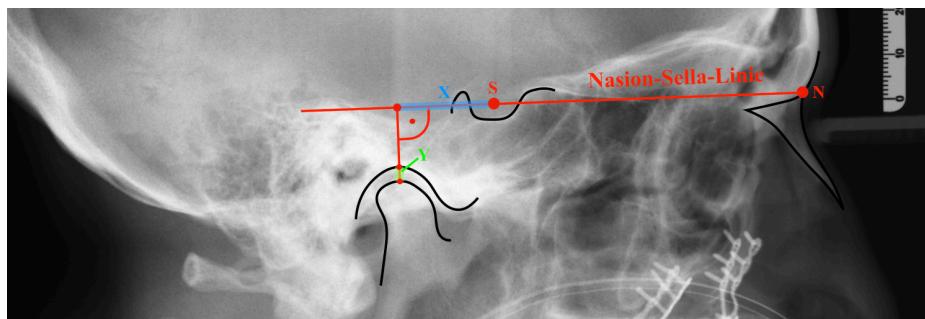


Abbildung 8: Darstellung der vollständigen Messmethode im FRS

2.7.3. Kombinierte Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae

Traten bei einem Patienten sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Verlagerung des Caput mandibulae auf, wurde die Gesamtverlagerung mittels des Satz des Pythagoras berechnet (**Abbildung 9**):

$$c = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Auch hier wurde eine Messungenauigkeit von 1 mm berücksichtigt. Daraus ergaben sich 9 Gruppen. Diese sind in **Tabelle 11** ersichtlich.

Tabelle 11: Kombinationsmöglichkeiten der Verlagerungsausmaße

Keine Verlagerung	0	$\geq -1 \text{ und } \leq 1 \text{ mm}$
Rein dorsale Verlagerung	D	$> 1 \text{ mm}$
Rein Ventrals Verlagerung	V	
Rein kraniale Verlagerung	KR	
Rein kaudale Verlagerung	KA	
Kranio-ventrale Verlagerung	KV	
Ventro-kaudale Verlagerung	VK	
Kaudo-dorsale Verlagerung	KD	
Dorso-kraniale Verlagerung	DK	

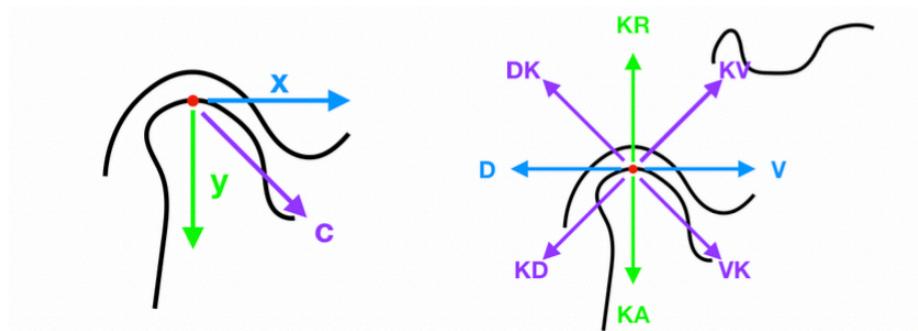


Abbildung 9: Verwendung des Satz des Pythagoras (links) und die Kombinationsmöglichkeiten (rechts)

2.7.4. Unterkieferverlagerung

Die von der Operation unbeeinflusste Nasion-Sella-Linie wurde als Referenzlinie in allen drei FRS-Bildern verwendet. Eine Senkrechte wurde vom Sella-Punkt ausgehend eingezeichnet (Z). Parallel zur Nasion-Sella-Linie wurde eine Linie durch den Punkt Is1u gezeichnet (U). Der Schnittpunkt dieser beiden Linien wurde als spZU benannt. Hierdurch konnte die Verlagerung des Unterkiefers anhand der Unterkieferschneidezähne in horizontaler und vertikaler Richtung bestimmt werden. Die benötigten Linien, Winkel und Punkte zur Beurteilung der Unterkieferverlagerung sind in **Tabelle 12** und **Abbildung 10** dargestellt.

Tabelle 12: Benötigte Linien, Winkel und Punkte zur Beurteilung der Unterkieferverlagerung

S	Sella	Mitte der Fossa hypophysialis
N	Nasion	Anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis
NSL	Nasion-Sella-Linie	Verbindungsline zwischen Nasion und Sella; Referenzlinie zur Bestimmung der Neigung der anterioren Schädelbasis.
Z	Strecke von Sella bis Schnittpunkt spZU	Zur Beurteilung der Verlagerung von Is1u in vertikaler Richtung
U	Strecke von Is1u bis Schnittpunkt spZU	Zur Beurteilung der Verlagerung von Is1u in horizontaler Richtung
spZU	Schnittpunkt von Z und U	Zur Beurteilung der Verlagerung von Is1u
NIslu	Strecke von Sella bis Is1u	Zur Beurteilung der Verlagerung von Is1u
NIs1u	Winkel zwischen NSL und	Zur Beurteilung der Verlagerung von Is1u

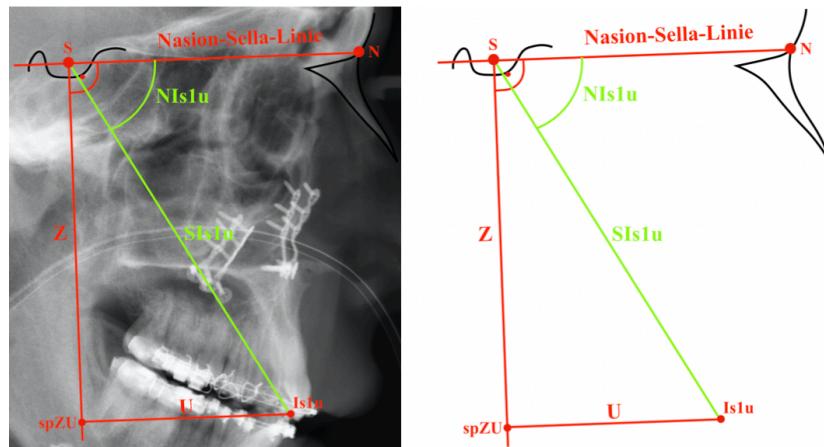


Abbildung 10: Skizze zur Vermessung der Unterkieferverlagerung

Die Verlagerung des Unterkiefers anhand des Unterkieferschneidezahnpunktes (Is1u) wurde zu allen drei Untersuchungszeitpunkten vermessen (**Tabelle 13**). Die Strecken wurden nach vollständigem oder teilweisem Mundschluss bei der Aufnahme aufgeteilt. Es wurde bei der Vermessung der Strecken eine Messungenauigkeit von 1 mm festgelegt (**Tabelle 14**).

Tabelle 13: Verlagerung des Unterkiefers zu allen drei Zeitpunkten

Zeitpunkt	Veränderung der Strecke	Beschreibung
T2-T1	d1Z d1Z_0	Differenz der Strecke Z zwischen dem präoperativen und postoperativen FRS ($_0$ = vollständiger Mundschluss)
	d1U d1U_0	Differenz der Strecke U zwischen dem präoperativen und postoperativen FRS ($_0$ = vollständiger Mundschluss)
	d1NIs1u	Differenz des Winkels NIs1u zwischen dem präoperativen und postoperativen FRS
T3-T2	d2Z d2Z_0	Differenz der Strecke Z zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem postoperativen FRS ($_0$ = vollständiger Mundschluss)
	d2U d2U_0	Differenz der Strecke U zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem postoperativen FRS ($_0$ = vollständiger Mundschluss)
	d2NIs1u	Differenz des Winkels NIs1u zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem postoperativen FRS
T3-T1	d3Z d3Z_0	Differenz der Strecke Z zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem präoperativen FRS ($_0$ = vollständiger Mundschluss)
	d3U d3U_0	Differenz der Strecke U zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem präoperativen FRS ($_0$ = vollständiger Mundschluss)
	d3NIs1u	Differenz des Winkels NIs1u zwischen dem FRS der Verlaufskontrolle und dem präoperativen FRS

Tabelle 14: Messungenauigkeit der Strecken bei der Unterkieferverlagerung

	Horizontale Verlagerungen	Vertikale Verlagerungen
< -1 mm	Dorsale Verlagerung (D)	Kraniale Verlagerung (KR)
≥ -1 und ≤ 1 mm	Keine Verlagerung (0)	Keine Verlagerung (0)
> 1 mm	Ventrale Verlagerung (V)	Kaudale Verlagerung (KA)

2.8. Patientenfragebogen

Allen Patienten wurden Fragebögen zur Bewertung ihrer subjektiven Beschwerden zugeschickt. Das Ausfüllen und Zurückschicken beruhten auf freiwilliger Basis. Der Fragebogen ist im Anhang dargestellt (vgl. **Abbildung 21**). Alle Fragebögen wurden alle Kriterien deskriptiv ausgewertet. Des Weiteren wurde der anamnestische Dysfunktionsindex nach Helkimo verwendet (Helkimo, 1974a, b, c, d). Der vorliegende Fragebogen wurde auf den anamnestischen Dysfunktionsindex übertragen.

Der anamnestische Dysfunktionsindex A_i ist basierend auf den subjektiven Beschwerden der Patienten und wird wie in **Tabelle 15** ersichtlich eingeteilt.

Tabelle 15: Der anamnestische Dysfunktionsindex A_i nach Helkimo

A_i0	Keine subjektiven Symptome bezüglich des craniomandibulären Komplexes angegeben
A_iI	Eines oder mehrere der folgenden milden Symptome: Geräusche im Kiefergelenk (Knacken oder Knirschen), Ermüdungserscheinungen und/oder Verspannungen der Kiefer
A_iII	Eines oder mehrere der folgenden schweren Symptome: Eingeschränkte Mundöffnung oder Probleme beim Öffnen des Mundes, Schmerzen bei Unterkieferbewegungen, Luxationen, Schmerzen im Bereich der Kiefergelenke oder in der Kaumuskulatur

Die Fragen des Fragebogens wurden auf den Dysfunktionsindex nach Helkimo übertragen (Vgl. **Tabelle 16**).

Tabelle 16: Fragen des Fragebogens eingeteilt nach dem anamnestischen Dysfunktionsindex nach Helkimo

A_i0	Die Fragen 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 wurden mit nein und die Frage 4 mit ja beantwortet
A_iI	Die Frage 4 wurde mit ja beantwortet. Die Fragen 5 oder 6 oder 12 wurden mit ja und die Fragen 3, 8, 9, 10, 11 mit nein beantwortet
A_iII	Die Fragen 3_B oder 9 oder 10 oder 11 wurden mit ja oder die Frage 4 mit nein beantwortet

Die Fragen 1, 2, 7, 13, 14, 15, 16 hatten keinen Einfluss auf den Index.

Die Fragen 15 und 16 waren Skalen-Fragen. Bei beiden gab es eine Skala von 1 bis 10 auf der die Patienten die für Sie zutreffende Zahl ankreuzen sollten. Frage 15 erfragte die Zufriedenheit des funktionellen Ergebnisses und Frage 16 die Zufriedenheit des ästhetischen Ergebnisses. Die höchste Zufriedenheit konnte mit 10, das schlechteste Ergebnis mit 1 angegeben werden.

2.9. Statistische Verfahren

Die erhobenen Daten wurden im Statistikprogramm SPSS Statistics 25 (International Business Machines Corporation IBM, Armonk, USA) ausgewertet.

2.9.1. Deskriptive Statistik

Für jeden Parameter wurden der Mittelwert (MW), der größte (Max) und der kleinste (Min) Wert sowie die Standardabweichung (SD) bestimmt. Zusätzlich wurden der Median (MD), die 25% Quartile und die 75% Quartile bestimmt.

2.9.2. Vergleichende Statistik

Zur vergleichenden Gegenüberstellung zweier intervallskalierter Merkmale wurde zunächst die Normalverteilung mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests untersucht. Wurde die Normalverteilung zwischen zwei Testgruppen verworfen (z.B. Ausgangsbisslage Klasse II und Klasse III) wurden diese Stichproben dem Mann-Whitney-U-Test unterzogen.

Die Stichproben der Verlagerungsausmaße wurden zum einen mittels t-Test verbundener Stichproben (z.B. Zeitpunkte T0 und T2) und zum andern mittels t-Test unabhängiger Stichproben (z.B. Geschlecht) untersucht.

Zum Vergleich von drei oder mehr Gruppen (z.B. der anamnestische Dysfunktionsindex A_{i0}, A_{iI}, A_{iII}) wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt.

Sollte ein Zusammenhang zwischen zwei Variablen untersucht werden (z.B. Positionsänderung des Caput mandibulae in Zusammenhang mit dem Alter der Patienten), wurde die Korrelation nach Pearson verwendet.

Das Signifikanzniveau wurde mit $\alpha=0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1. Patientenkollektiv

3.1.1. Alters- und Geschlechtsverteilung

In der vorliegenden Untersuchung konnten 141 Patienten untersucht werden, die sich zwischen 01.01.2009 bis 31.12.2017 an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie der Universität Regensburg einer „Dysgnathieoperation“ unterzogen. Hiervon wurden 126 Patienten (89,4%) bignath und 15 Patienten (10,6%) monognath im Unterkiefer operiert. Bei den Patienten, die nur im Unterkiefer operiert wurden, wurde bei 12 Patienten eine Unterkiefervorverlagerung und bei 3 Patienten eine Unterkieferrückverlagerung vorgenommen.

Von den 141 Patienten des Gesamtkollektivs waren 79 weiblich (56%), 62 männlich (44%). Bei den weiblichen Patienten wurden 68 (86%) bignath und 11 (14%) monognath umgestellt. Bei den männlichen Patienten wurden 58 bignath (93,5%) und 4 (6,5%) monognath operiert (vgl. **Tabelle 17**).

Tabelle 17: Häufigkeit der Umstellungsosteotomie nach Geschlecht

Männlich		Weiblich		Gesamt	
Bignath	Monogath	Bignath	Monognath	Bignath	Monognath
58 (93,5%)	4 (6,3%)	68 (86%)	11 (14%)	126 (89,4%)	15 (10,6%)

Das durchschnittliche Alter aller Patienten betrug 26,5 Jahre. Zum Zeitpunkt der Operation war der jüngste Patient 15,6 Jahre, der älteste Patient 60,7 Jahre. Die Gruppe der 20-29-jährigen Patienten bildete mit 66 Patienten (46,8%) die größte Altersgruppe, die zweitgrößte Altersgruppe stellten die 10-19-jährigen Patienten mit 38 Patienten (27%) dar. Die weiblichen Patienten waren durchschnittlich 26,8 Jahre, die männlichen Patienten 26 Jahre alt. Die Männer wiesen einen deutlichen Altersschwerpunkt in der Gruppe der 20-29-jährigen Patienten auf, bei den Frauen zeigte sich eine eher gleichmäßige Altersverteilung (vgl. **Abbildung 11**).

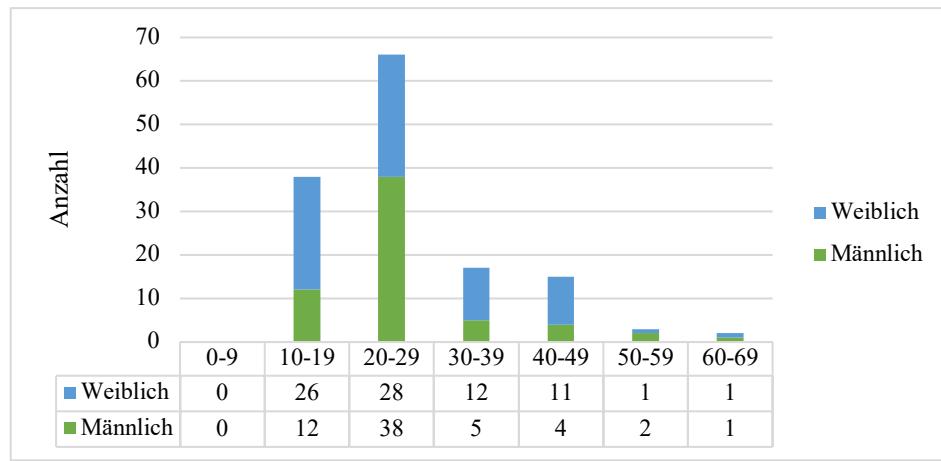


Abbildung 11: Verteilung nach Alter/Geschlecht

3.1.2. Umstellungsart

Abbildung 12 zeigt alle Kombinationen der Vor- und Rückverlagerungen von Ober- und Unterkiefer (vgl. 2.4). Von den 126 Patienten, die bignath operiert wurden, erfolgte bei 43 Patienten sowohl eine Oberkiefervorverlagerung (OKV) als auch eine Unterkieferrückverlagerung (UKR). Bei 77 Patienten führte man eine OKV in Kombination mit einer Unterkiefervorverlagerung (UKV) vor. Bei 6 Patienten fand eine Oberkieferrückverlagerung (OKR) in Kombination mit einer UKV statt. Von den 15 Patienten die monognath im Unterkiefer umgestellt wurden, wurde bei 12 Patienten eine Vorverlagerung und bei 3 Patienten eine Rückverlagerung vorgenommen.

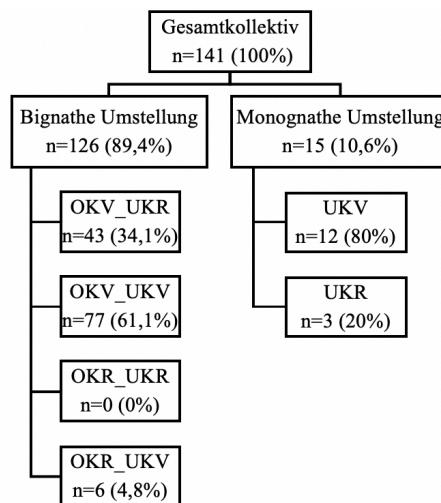


Abbildung 12: Kombinationen und Häufigkeiten aller Vor- und Rückverlagerungen bei bignather und monognather Umstellung

Bei den 126 Patienten die bignath operiert wurden, muss bei der Le Fort I-Osteotomie im Oberkiefer unterschieden werden, ob diese mit oder ohne sagittale Spaltung erfolgte (Vgl. 2.4). Dies ist in **Tabelle 18** ersichtlich.

Tabelle 18: Le Fort I-Osteotomie mit und ohne sagittale Spaltung

Le Fort I-Osteotomie ohne sagittale Spaltung	Le Fort I-Osteotomie mit sagittaler Spaltung, ohne Distraktion	Le Fort I-Osteotomie mit sagittaler Spaltung, mit Distraktion	Keine Angabe
87 (69%)	28 (22,2%)	7 (5,6%)	3 (3,2%)

3.1.3. Präoperative Diagnosen

Die verschiedenen präoperativen Diagnosen sind in **Tabelle 19** dargestellt. Es wurde zwischen sagittalen, transversalen und vertikalen Diagnosen unterschieden.

Tabelle 19: Präoperative Diagnosen

Sagittale Diagnosen	Transversale Diagnosen
Skelettale Klasse II	Laterognathie 17 (12,1%)
Skelettale Klasse III	Mittellinienverschiebung 41 (29,1%)
Oberkieferkompression	Transversale Enge 21 (14,9%)
Mittelgesichtshypoplasie	
Vertikale Diagnosen	Spezielle Anamnese
Erhöhte dentale Exposition/ Gummy Smile	Zustand nach GNE 14 (9,9%)
Frontal offener Biss	Zustand nach LKGS 5 (4,3%)
Seitlich offener Biss	
Zirkulär offener Biss	

3.2. Ergebnisse des OnyxCeph™ Planungsprogramm

Bei allen 141 Patienten wurden die präoperativen FRS mittels OnyxCeph™ analysiert und ausgewertet. 78 der 141 Patienten (55,3%) fielen in die high-angle Gruppe, 63 Patienten (44,7%) in die „no/low-angle“ Gruppe (vgl. **Tabelle 20**).

Tabelle 20: Unterteilung des Patientengut in „high-angle“ oder „no/low angle“

High angle (n=78)		No/Low-angle (n=63)		
	W	M	W	
	44 (56,4%)	34 (43,6%)	35 (55,6%)	28 (44,4%)
Bignathe Umstellung	40 (90,9%)	32 (94,1%)	28 (80%)	26 (92,9%)
Monognathie Umstellung	4 (9,1%)	2 (5,9%)	7 (20%)	2 (7,1%)

3.3. Ergebnisse der cephalometrischen Auswertung

Die durchschnittliche Zeit zwischen dem präoperativem FRS (T1) und dem postoperativen FRS (T2) betrug im Durchschnitt 54 Tage. Die Zeit zwischen dem präoperativen FRS (T1) und dem Verlaufskontroll-FRS (T3) betrug im Durchschnitt 389 Tage. Die Zeit zwischen dem postoperativen FRS (T2) und dem Verlaufskontroll-FRS (T3) betrug im Durchschnitt 335 Tage. Dies ist in **Tabelle 21** ersichtlich. Die Operation fand im Durchschnitt 52 Tage nach dem Anfertigen des präoperativen FRS statt. Es dauerte durchschnittlich 3 Tage bis das postoperative FRS nach der Operation aufgenommen wurde. Der Abstand zwischen Operation und dem Verlaufskontroll-FRS betrug im Durchschnitt 337 Tage.

Tabelle 21: Zeitintervall zwischen den FRS-Aufnahmen und dem Operationszeitpunkt

	N	Min (Tage)	Max (Tage)	MW (Tage)
d1 (Zeitintervall zwischen T1 und T2)	141	10	1147	54,4
d2 (Zeitintervall zwischen T2 und T3)	141	117	1579	334,6
d3 (Zeitintervall zwischen T1 und T3)	141	133	1609	389
Abstand T1_OP	141	7	1145	51,6
Abstand OP_T2	141	1	6	2,8
Abstand OP_T3	141	119	1581	337,4

3.3.1. Horizontale Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae

Die Veränderungen der x-Strecke zwischen den drei Zeitpunkten sind in **Tabelle 22** und **Tabelle 23** dargestellt. **Tabelle 22** zeigt die Veränderungen unabhängig vom Mundschluss auf, **Tabelle 23** stellt nur die Patienten dar, die den Mund während der FRS Aufnahme vollständig geschlossen hatten. Hieraus resultiert ein großer Unterschied bezüglich der Patientenzahlen, da bei d1 und d2 nur 16 Patienten den Mund vollständig geschlossen hatten und bei d3 132 Patienten. Der Mittelwert der Differenz der x-Strecke zwischen präoperativem und postoperativem FRS (d1) lag bei -0,24 mm unabhängig vom Mundschluss, in Abhängigkeit vom Mundschluss (=0) betrug er -1,12 mm. Zwischen Kontroll-FRS und dem postoperativem FRS (d2) lag der Mittelwert bei 0,23 mm unabhängig vom Mundschluss und bei 0,80 mm in Abhängigkeit des Mundschlusses (=0). Der Mittelwert der Differenz der x-Strecke zwischen

Kontroll-FRS und dem präoperativen FRS (d3) lag bei -0,01 mm unabhängig vom Mundschluss und bei -0,06 mm bei geschlossenem Mund (=0).

Unabhängig vom Mundschluss bewegte sich bei d1X das Caput mandibulae bei 53 Patienten nach ventral und bei 69 Patienten nach dorsal. Bei d2X bewegte sich das Caput mandibulae bei 78 nach ventral und bei 48 Patienten nach dorsal. Bei der Gesamtverlagerung d3X bewegte sich das Caput mandibulae bei 71 Patienten nach ventral und bei 58 nach dorsal. Berücksichtigt man, dass der Mund bei der FRS Aufnahme vollständig geschlossen ist, so bewegte sich bei d1X_0 das Caput mandibulae bei 3 Patienten nach ventral und bei 11 Patienten nach dorsal. Bei d2X_0 bewegte sich das Caput mandibulae bei 12 Patienten nach ventral und bei 4 Patienten nach dorsal. Bei d3X_0 bewegte sich das Caput mandibulae bei 66 Patienten nach ventral und bei 55 Patienten nach dorsal.

Tabelle 22: Horizontale Verlagerungsausmaße unabhängig vom Mundschluss

x-Strecke	Anzahl Patienten gesamt	Ventral		Dorsal		Mittelwert (mm)	Standardabweichung (mm)
		Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)	Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)		
d1X	141	53	9	69	-7,65	-0,24	2,11
d2X	141	78	6,3	48	-6,75	0,23	1,97
d3X	141	71	4,95	58	-8,1	-0,01	2,07

Tabelle 23: Horizontale Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit vom Mundschluss

x-Strecke	Anzahl Patienten gesamt	Ventral		Dorsal		Mittelwert (mm)	Standardabweichung (mm)
		Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)	Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)		
d1X_0	16	3	1,67	11	-5	-1,12	1,88
d2X_0	16	12	2,79	4	-2,7	0,8	1,58
d3X_0	132	66	4,95	55	-8,1	-0,06	2,1

3.3.1.1. Die Gesamtverlagerung in horizontaler Richtung

Die horizontalen Gesamt-Verlagerungsausmaße über den vollständigen Beobachtungszeitraum (d3) konnten in 3 Gruppen aufgeteilt werden. Dargestellt sind diese drei Gruppen in **Tabelle 24**. Berücksichtigt wurde eine Gruppe 0, in der keine Verlagerung stattfand. Es wurde eine Messungenauigkeit von ± 1 mm festgelegt, wodurch diese Gruppe die Werte von >-1 mm bis <1 mm beinhaltet. Bei 38 Patienten kam es zu einer dorsalen Verlagerung, bei 35 Patienten zu einer ventralen Verlagerung des Caput mandibulare. Bei 59 Patienten wurde keine horizontale Verlagerung festgestellt.

Tabelle 24: Horizontale Verlagerungsausmaße in drei Gruppen aufgeteilt

x-Strecke	n	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Mittel- wert (mm)	Standard- abweichung (mm)	Median (mm)	25% Quartile (mm)	75% Quartile (mm)
Dorsale Verlagerung (D)	38	-1,05	-8,1	-2,55	1,59	-2,25	-1,41	-2,7
Keine Verlagerung (0)	59	-0,9	0,94	0,14	0,62	0,6	-0,45	0,9
Ventrale Verlagerung (V)	35	1,11	4,95	2,31	0,94	2,07	1,67	2,7

Untersucht wurde zudem die horizontale Verlagerung in Abhängigkeit der skelettalen Dysgnathie und der Umstellungsart (vgl. **Tabelle 25** und **Tabelle 26**). Hierbei zeigte sich, dass bei den Patienten, die präoperativ eine skelettale Klasse II aufwiesen, bei 19 Patienten (29,7%) das Caput mandibulae nach dorsal verlagert wurde und bei 15 Patienten (23,4%) nach ventral verlagert wurde. Bei 30 Patienten (46,9%) fand keine Verlagerung statt. Bei den Patienten, die präoperativ eine skelettale Klasse III aufwiesen, wurde bei 18 Patienten (27,7%) das Caput mandibulae nach dorsal und bei 19 Patienten (29,2%) nach ventral verlagert. Bei 28 Patienten (43,1%) mit präoperativer skelettalen Klasse III, wurde das Caput mandibulae nicht verlagert. Bei der Unterteilung nach Umstellungsart, zeigte sich, dass bei der bignathen Umstellung das Caput mandibulae bei 37 Patienten (31,4%) nach dorsal, bei 27 (22,9%) nach ventral verlagert wurde. Bei 54 (45,8%) fand keine Verlagerung statt. Die monognathe Umstellung im

Unterkiefer führte bei 1 Patienten (7,1%) zu einer dorsalen Verlagerung, bei 8 Patienten (57,1%) zu einer ventralen und bei 5 Patienten (35,7%) zu keiner Verlagerung.

Tabelle 25: Häufigkeitsverteilung der Patienten in die drei Gruppen in Abhängigkeit von der präoperativen skelettalen Dysgnathie

	Dorsale Verlagerung	Keine Verlagerung	Ventrale Verlagerung
Skelettale Klasse I	1 (33,3%)	1 (33,3%)	1 (33,3%)
Skelettale Klasse II	19 (29,7%)	30 (46,9%)	15 (23,4%)
Skelettale Klasse III	18 (27,7%)	28 (43,1%)	19 (29,2%)

Tabelle 26: Horizontale Häufigkeitsverteilung der Patienten in Abhängigkeit der Umstellungsart

	Dorsale Verlagerung	Keine Verlagerung	Ventrale Verlagerung
Bignathe Umstellung	37 (31,4%)	54 (45,8%)	27 (22,9%)
Monognathe Umstellung	1 (7,1%)	5 (35,7%)	8 (57,1%)

Die horizontalen Verlagerungsausmaße bei den Patienten die sowohl zum Zeitpunkt T1 als auch zum Zeitpunkt T3 einen Mundschluss aufwiesen, sind mittels Box Plots dargestellt (vgl. **Abbildung 13** und **Abbildung 14**). Hierbei werden die Verlagerungsausmaße sowohl in Abhängigkeit der skelettalen Klasse als auch in Abhängigkeit der Umstellungsart dargestellt.

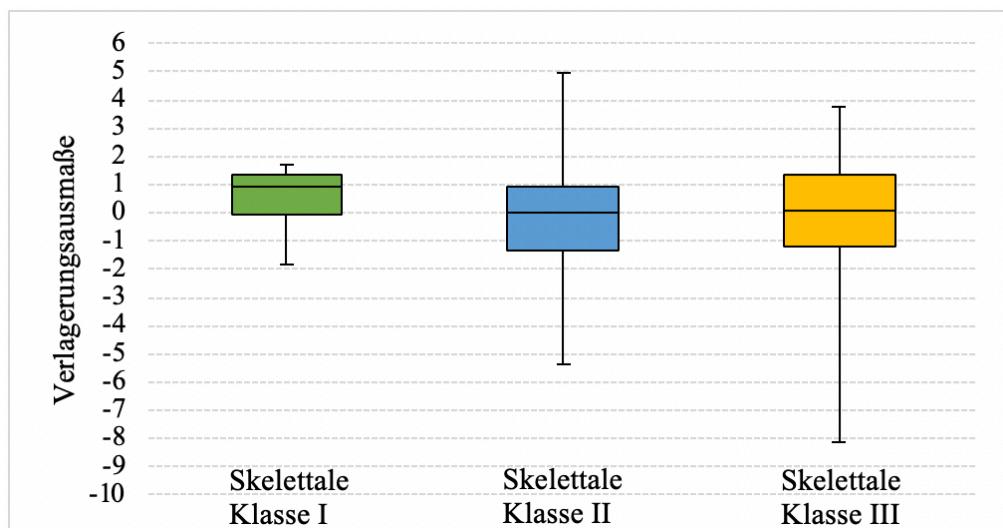


Abbildung 13: Boxplot der horizontalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der präoperativen skelettalen Dysgnathie. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach ventral, negative Werte eine Verlagerung nach dorsal.

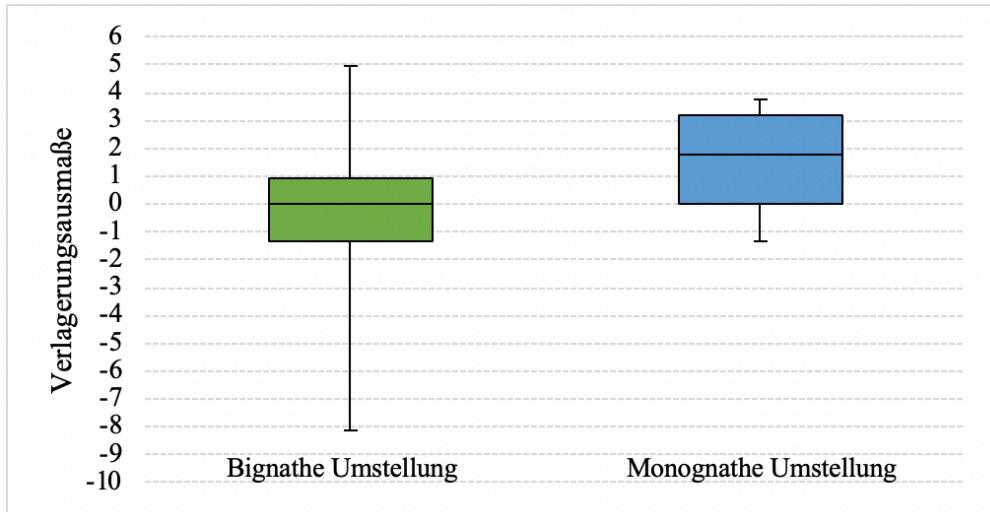


Abbildung 14: Boxplot der horizontalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der Umstellungsart. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach ventral, negative Werte eine Verlagerung nach dorsal.

Mittels t-Test für verbundene Stichproben der Zeitpunkte T1 und T3 zeigte sich, dass die „Dysgnathieoperation“ keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die horizontale Lage des Caput mandibulae hat ($p = 0,753$). Die Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae bei monognathen Eingriffen ist in der Horizontalen größer als die der bignathen Eingriffe.

3.3.2. Vertikale Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae

Die Veränderungen der y-Strecke zwischen den drei Zeitpunkten sind in **Tabelle 27** und **Tabelle 28** dargestellt. **Tabelle 27** weist die Veränderungen unabhängig des Mundschlusses auf, **Tabelle 28** hat nur die Patienten einbezogen, die den Mund während der FRS Aufnahme vollständig geschlossen hatten. Daraus resultierte ein großer Unterschied bezüglich der Patientenzahlen, da bei d1 und d2 nur 16 Patienten den Mund vollständig geschlossen hatten und bei d3 132 Patienten. Der Mittelwert der y-Strecke zwischen präoperativem und postoperativem FRS (d1) lag bei 0,44 mm unabhängig vom Mundschluss, bei geschlossenem Mund (=0) betrug er 0,14 mm. Zwischen Kontroll-FRS und dem postoperativem FRS (d2) lag der Mittelwert bei -0,40 mm unabhängig vom Mundschluss und bei -0,39 mm in Abhängigkeit des Mundschlusses. Der Mittelwert zwischen Kontroll-FRS und der präoperativen FRS (d3) lag bei 0,04 mm unabhängig vom Mundschluss und bei 0,03 mm in Abhängigkeit des Mundschlusses. Unabhängig vom Mundschluss bewegte sich bei d1Y das Caput mandibulae

bei 62 Patienten nach kaudal und bei 41 Patienten nach kranial. Bei d2Y bewegte sich das Caput mandibulae bei 37 nach kaudal und bei 66 Patienten nach kranial. Bei der Gesamtverlagerung d3Y bewegte sich das Caput mandibulae bei 54 Patienten nach kaudal und bei 50 nach kranial. Berücksichtigt man, dass der Mund bei der FRS Aufnahme vollständig geschlossen ist, so bewegte sich bei d1Y_0 das Caput mandibulae bei 5 Patienten nach kaudal und bei 6 Patienten nach kranial. Bei d2Y_0 bewegte sich das Caput mandibulae bei 2 Patienten nach kaudal und bei 6 Patienten nach kranial. Bei d3Y_0 bewegte sich das Caput mandibulae bei 52 Patienten nach kaudal und bei 48 Patienten nach kranial.

Tabelle 27: Vertikale Verlagerungsausmaße unabhängig vom Mundschluss

y-Strecke	Anzahl Patienten gesamt	Kaudal		Kranial		Mittelwert (mm)	Standardabweichung (mm)
		Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)	Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)		
d1Y	141	62	6,3	41	-5,85	0,44	2,04
d2Y	141	37	4,5	66	-6,3	-0,4	1,67
d3Y	141	54	4,95	50	-7,2	0,04	1,8

Tabelle 28: Vertikale Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit vom Mundschluss (Mundschluss=0)

y-Strecke	Anzahl Patienten gesamt	Kaudal		Kranial		Mittelwert (mm)	Standardabweichung (mm)
		Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)	Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)		
d1Y_0	16	5	3,16	6	-2,22	0,14	1,52
d2Y_0	16	2	2,7	6	-2,7	-0,39	1,25
d3Y_0	132	52	4,95	48	-7,2	0,03	1,85

3.3.2.1. Die Gesamtverlagerung in vertikaler Richtung

Die vertikalen Verlagerungsausmaße der Gesamtverlagerung des Kondylus (d3) konnte in 3 Gruppen aufgeteilt werden. Dargestellt sind diese drei Gruppen in **Tabelle 29**. Berücksichtigt wurde eine Gruppe 0, in der keine Verlagerung stattfand. Es wurde eine Messungenauigkeit von ± 1 mm festgelegt, wodurch diese Gruppe die Werte von >-1 mm bis <1 mm beinhaltet. Bei 28 Patienten kam es zu einer kranialen Verlagerung, bei 32 Patienten zu einer kaudalen Verlagerung des Caput mandibulae. Bei 72 Patienten wurde keine vertikale Verlagerung festgestellt.

Tabelle 29: Vertikale Verlagerungsausmaße in drei Gruppen aufgeteilt

y-Werte	n	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Mittel- wert (mm)	Standard- abweichung (mm)	Median (mm)	25% Quartile (mm)	75% Quartile (mm)
Kraniale Verlagerung (KR)	28	-1,35	-7,20	-2,50	1,23	-2,22	-2,70	-1,80
Keine Verlagerung (0)	72	-0,90	1,00	-0,03	0,56	0,00	-0,45	0,36
Kaudale Verlagerung (KA)	32	1,11	4,95	2,36	1,02	2,24	1,38	3,11

Untersucht wurde zudem die vertikale Verlagerung in Abhängigkeit von der skelettalen Klasse und der Umstellungsart (vgl. **Tabelle 30** und **Tabelle 31**). Hierbei zeigte sich, dass bei den Patienten mit präoperativer skelettaler Klasse II, bei 15 Patienten (23,4%) das Caput mandibulae nach kranial und bei 12 Patienten (18,8%) nach kaudal verlagert wurde. Bei 37 Patienten (57,8%) fand keine Verlagerung statt. Bei den Patienten, die präoperativ eine skelettale Klasse III aufwiesen, wurde bei 12 Patienten (18,5%) das Caput mandibulae nach kranial und bei 19 Patienten (29,2%) nach kaudal verlagert. Bei 34 Patienten (52,3%) mit einer präoperativen skelettalen Klasse III wurde keine Verlagerung festgestellt. Bei der Unterteilung nach Umstellungsart zeigte sich, dass bei der bignathen Umstellung das Caput mandibulae bei 22 Patienten (18,6%) nach kranial, bei 30 (25,4%) nach kaudal verlagert wurde. Bei 66 (55,9%) fand keine Verlagerung statt. Die monognathe Umstellung im Unterkiefer führte bei 6 Patienten (37,5%) zu einer kranialen Verlagerung, bei 4 Patienten (25%) zu einer kaudalen und bei 6 Patienten (37,5%) zu keiner Verlagerung.

Tabelle 30: Häufigkeitsverteilung der Patienten in die drei Gruppen in Abhängigkeit von der präoperativen skelettalen Dysgnathie

	Kraniale Verlagerung	Keine Verlagerung	Kaudale Verlagerung
Skelettale Klasse I	1 (33,3%)	1 (33,3%)	1 (33,3%)
Skelettale Klasse II	15 (23,4%)	37 (57,8%)	12 (18,8%)
Skelettale Klasse III	12 (18,5%)	34 (52,3%)	19 (29,2%)

Tabelle 31: Vertikale Häufigkeitsverteilung der Patienten in Abhängigkeit der Umstellungsart

	Kraniale Verlagerung	Keine Verlagerung	Kaudale Verlagerung
Bignathe Umstellung	22 (18,6%)	66 (55,9%)	30 (25,4%)
Monognathie Umstellung	6 (37,5%)	6 (37,5%)	4 (25%)

Die vertikalen Verlagerungsausmaße bei den Patienten die sowohl zum Zeitpunkt T1 als auch zum Zeitpunkt T3 einen Mundschluss aufwiesen, wurden mittels Box Plots dargestellt (vgl. **Abbildung 15** und **Abbildung 16**). Hierbei werden die Verlagerungsausmaße sowohl in Abhängigkeit der skelettalen Klasse als auch in Abhängigkeit der Umstellungsart dargestellt.

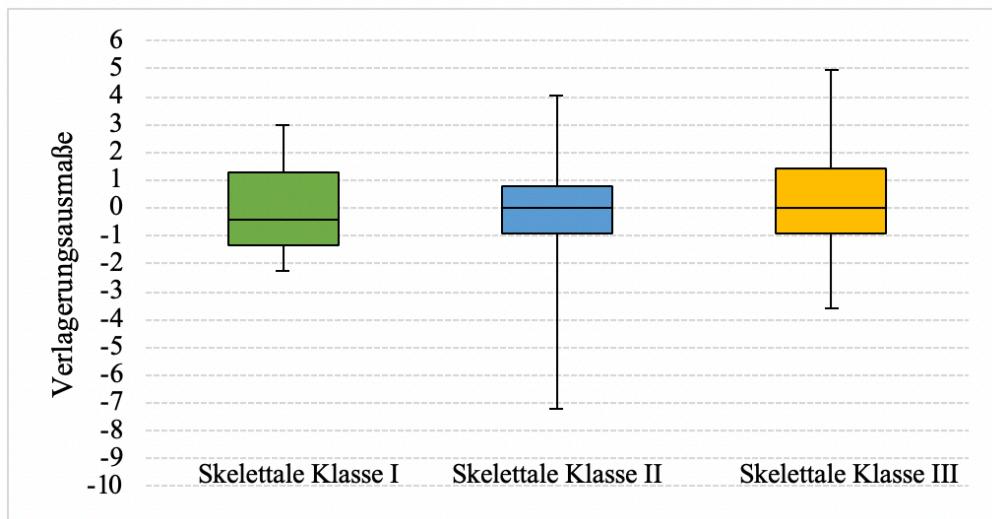


Abbildung 15: Boxplot der vertikalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der Skelettalen Dysgnathie. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach kranial, negative Werte eine Verlagerung nach kaudal.

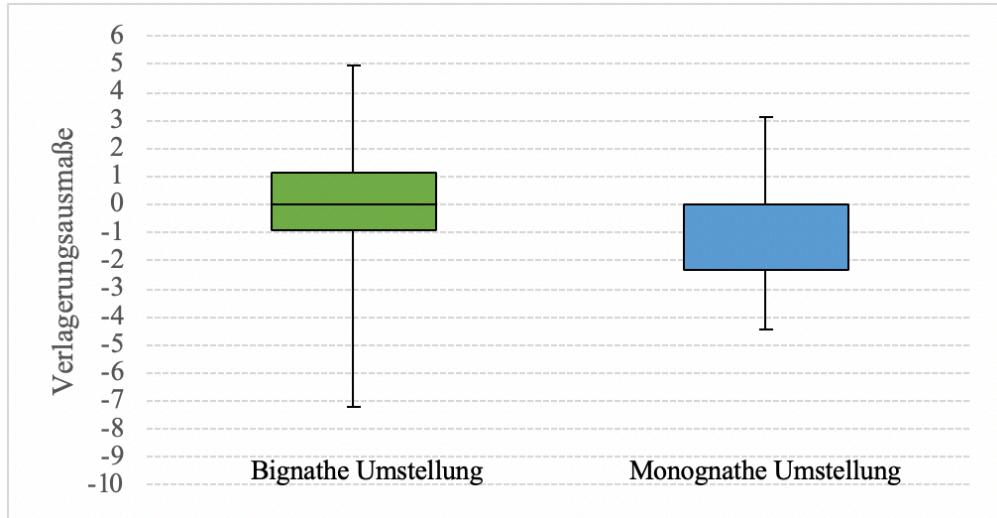


Abbildung 16: Boxplot der vertikalen Verlagerungsausmaße in Abhängigkeit der Umstellungsart. Positive Werte beschreiben eine Verlagerung nach kranial, negative Werte eine Verlagerung nach kaudal.

Mittels t-Test für verbundene Stichproben der Zeitpunkte T1 und T3 zeigte sich, dass die „Dysgnathieoperation“ keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die vertikale Lage des Caput mandibulare hat ($p = 0,872$). Die vertikalen Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae zeigen bei monognathen Eingriffen eine Tendenz in die kaudale Richtung, bei bignathen Eingriffen ist keine Tendenz erkennbar.

64 Patienten wiesen eine skelettale Klasse II und 65 Patienten eine skelettale Klasse III auf. Nur 3 Patienten wiesen eine skelettale Klasse I auf. Mittels Mann-Whitney-Test zeigte sich, dass die präoperative skelettale Klasse keinen signifikanten Einfluss auf sowohl die vertikalen (y-Strecke: $p = 0,133$) als auch die horizontalen Verlagerungsausmaße (x-Strecke: $p = 0,895$) zur Folge hatte.

3.3.3. Kombinierte Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae

Die kombinierten Verlagerungsausmaße sind in 9 Gruppen aufgeteilt und in **Tabelle 32** ersichtlich (Mundschluss=0). Die Gruppen DK, KD, VK und KV machen zusammen 67,4% der Gesamtverteilung aus. Bei 21 Patienten (15,9%) wurde keine Verlagerung festgestellt.

Tabelle 32: Kombinierte Verlagerungsausmaße (Betrag) des Caput mandibulae

Gruppe	Patientenanzahl (Gesamt: n = 132)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Mittel- wert (mm)	Standard- abweichung (mm)	Median (mm)	25% Quartile (mm)	75% Quartile (mm)
Rein dorsale Verlagerung (D)	6 (4,5%)	1,05	4,45	2,41	1,17	2,22	1,61	3,14
Rein Ventrale Verlagerung (V)	9 (6,8%)	1,35	3,33	2,52	0,63	2,70	2,03	2,93
Rein kraniale Verlagerung (KR)	2 (1,5%)	2,70	4,50	3,60	1,27	3,60	2,70	3,38
Rein kaudale Verlagerung (KA)	5 (3,8%)	1,35	4,50	2,88	1,30	3,15	1,58	4,05
Kranio-ventrale Verlagerung (KV)	23(17,4%)	1,01	7,25	2,40	1,51	2,01	1,27	3,02
Ventro-kaudale Verlagerung (VK)	25(18,9%)	1,01	6,05	2,44	1,28	2,01	1,52	3,06
Kundo-dorsale Verlagerung (KD)	21(15,9%)	1,01	8,15	2,90	1,51	2,62	1,92	3,43
Dorso-kraniale Verlagerung (DK)	20(15,2%)	1,62	7,54	3,20	1,52	2,86	1,99	3,60

In **Tabelle 33** sind die Verlagerungsausmaße getrennt nach den Operationsindikationen dargestellt (Mundschluss=0). Auch zeigt diese Tabelle die Ausprägungsrichtung in Abhängigkeit der Operationsindikationen getrennt nach den Operationsindikationen.

Tabelle 33: Positionsänderung (Betrag in mm) und die Ausprägungsrichtung in Abhängigkeit der Operationsindikationen

	n	MW (mm)	Maximale Verlagerung (mm)	0	D	V	KR	KA	KV	VK	KD	DK
Skelettale Klasse II	64	2,24	7,25	12	5	6	2	2	9	10	8	10
Skelettale Klasse III	65	2,29	8,15	9	1	3	-	3	13	14	13	9
Oberkieferkompression	24	2,12	5,47	4	1	1	-	2	1	11	2	2
Mittelgesichtshypoplasie	14	1,52	3,60	3	-	-	-	1	3	5	-	2
Laterognathie	14	2,59	8,15	3	-	-	-	-	1	2	4	4
Mittellinienverschiebung	31	2,44	8,15	0	2	2	-	1	5	6	4	6
Transversale Enge	18	2,35	7,25	2	1	1	-	1	4	4	4	1
Erhöhte dentale Exposition	17	1,88	5,03	4	-	2	-	1	2	2	2	4
Front offener Biss	28	2,47	7,54	4	1	1	-	1	7	6	4	4
Seitlich offener Biss	3	2,89	5,06	1	-	-	-	1	-	-	1	-
Zirkulär offener Biss	4	2,57	3,45	-	-	-	-	-	-	2	-	2
Z.n. GNE	13	2,16	5,03	3	-	1	-	-	3	3	3	-
Z.n. LKGS	6	2,48	5,06	1	-	-	-	-	-	1	3	1

Insgesamt wurden 57 Männer und 75 Frauen operiert. Die Häufigkeitsverteilung der Positionsänderung der Caput mandibulae bezogen auf das Geschlecht ist in **Tabelle 34** dargestellt.

Tabelle 34: Häufigkeitsverteilung der Positionsänderung (Betrag) in Abhängigkeit des Geschlechts in absoluten Zahlen

	0	D	V	KR	KA	KV	VK	KD	DK
Männlich	8	3	4	2	2	10	14	8	6
Weiblich	13	3	5	0	3	13	11	13	14

Mittels t-Test für unabhängige Stichproben zeigte sich, dass die männlichen Patienten ($MW = 2,24$; $SD = 1,57$) keine signifikant andere Positionsverlagerung als die weiblichen Patientinnen ($MW = 2,29$; $SD = 1,65$; $t (130) = -0,165$; $p = 0,869$) aufwiesen. Bei der Korrelation nach Pearson zeigte sich, dass zwischen den beiden Variablen „Positionsänderung“ und „Alter“ keine Korrelation bestand ($r = 0,086$; $p = 0,327$). Das bedeutet, dass die Positionsänderung unabhängig vom Alter ist.

Die einfache lineare Regression ist in **Abbildung 17** dargestellt. Auch wenn eine leichte Zunahme der Positionsänderung mit Zunahme des Alters erkennbar ist, hat das Alter (in Jahren) keinen Einfluss auf die Positionsänderung des Kondylus ($F (1,130) = 0,967$; $p = 0,327$).

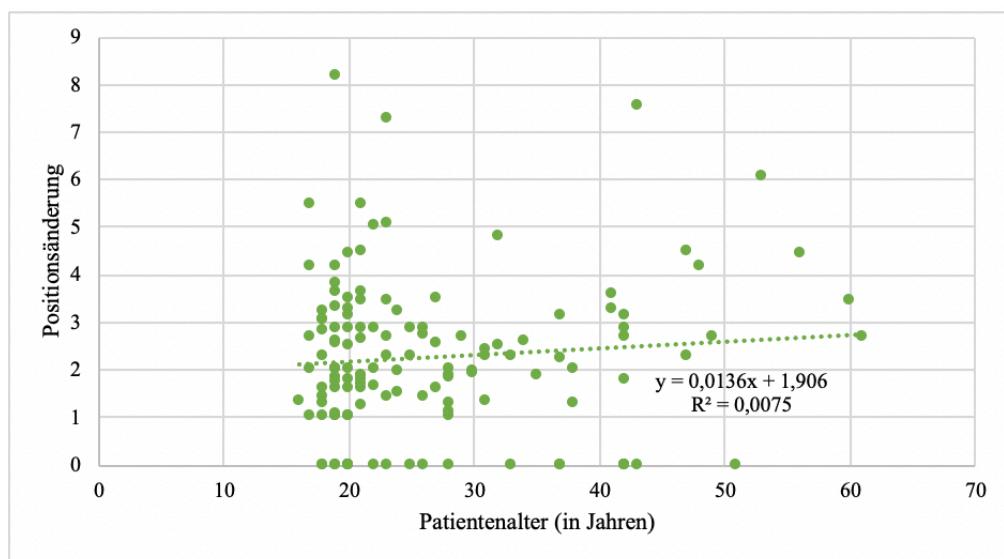


Abbildung 17: Einfache lineare Regression Positionsänderung/Alter in Jahren

3.3.4. Verlagerungsausmaße des Unterkiefers

Die Verlagerungsausmaße des Unterkiefers zwischen den drei Zeitpunkten sind in **Tabelle 35**, **Tabelle 36** und **Tabelle 37** dargestellt. Die Strecken Z und U sind aufgeteilt nach vollständigem oder teilweisem Mundschluss bei der Aufnahme. Im Mittel veränderte sich der Unterkiefer zwischen präoperativen FRS und Kontroll-FRS (d3) bei den Patienten mit geschlossenem Mund um -0,7 mm in vertikaler Richtung und 2,2 mm in horizontaler Richtung. Die maximale Veränderung betrug 27,2 mm in kaudaler Richtung und 13,5 mm in kranialer Richtung. In ventraler Richtung betrug die maximale Verlagerung des Unterkiefers 20,1 mm und in dorsaler Richtung 11,1 mm. Der Winkel NI₁lu änderte sich im Mittel um -1,3°. Es wurden Veränderungen im Bereich von -7° bis zu 19° beobachtet.

Untersucht wurde der Zusammenhang zwischen der Positionsänderung des Caput mandibulae und der Unterkieferverlagerung in horizontaler Richtung (d3U_0). Die Korrelation nach Pearson ergab einen schwach positiven, nicht signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Variablen ($r = 0,089$; $p = 0,312$). Somit nahm die Unterkieferverlagerung zu, je stärker die Positionsänderung des Caput mandibulae sich änderte. Auch wurde der Zusammenhang zwischen der Positionsänderung des Caput mandibulae und der Veränderung des Winkels NI₁lu untersucht. Die Korrelation nach Pearson ergab einen schwach negativen, nicht signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Variablen ($r = -0,120$; $p = 0,170$).

Tabelle 35: Vertikale Verlagerung des Unterkiefers unabhängig und in Abhängigkeit vom Mundschluss

Z-Strecke	Anzahl Patienten gesamt	Kaudal		Kranial		Mittelwert (mm)	Standardabweichung (mm)
		Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)	Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)		
d1Z	141	72	15,8	44	-9,9	1,4	4,8
d1Z_0	16	5	8,1	8	-9,9	-1,7	4,4
d2Z	141	13	24,5	92	-14	-2,1	3,6
d2Z_0	16	3	2,2	4	-3,6	-0,2	1,4
d3Z	141	40	27,2	73	-13,5	-0,7	4,9
d3Z_0	132	37	27,2	69	-13,5	-0,7	4,8

Tabelle 36: Horizontale Verlagerung des Unterkiefers unabhängig und in Abhängigkeit vom Mundschluss

U-Strecke	Anzahl Patienten gesamt	Ventral (> 1 mm)		Dorsal (< -1 mm)		Mittelwert (mm)	Standardabweichung (mm)
		Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)	Anzahl Patienten	Maximale Verlagerung (mm)		
d1U	141	76	18,4	52	-42,2	0,5	6,6
d1U_0	16	7	8,1	7	-8,9	-0,7	5
d2U	141	75	36,1	26	-6,3	1,5	4,3
d2U_0	16	8	3,6	4	-2,7	0,8	2
d3U	141	88	20,1	33	-12,8	2	5,3
d3U_0	132	83	20,1	29	-11,1	2,2	5,1

Tabelle 37: Veränderung des Winkels NIs1u unabhängig und in Abhängigkeit vom Mundschluss

NIs1u-Winkel	Anzahl Patienten gesamt	Minimum (°)	Maximum (°)	Mittelwert (°)	Standardabweichung (°)
d1NIs1u	141	-21	21	0	4
d1NIs1u_0	16	-6	7	-0,2	3
d2NIs1u	141	-8,5	18	-1,3	2,4
d2NIs1u_0	16	-2	2	-0,4	1,0
d3NIs1u	141	-7	19	-1,2	3,2
d3NIs1u_0	132	-7	19	-1,3	3,1

3.4. Ergebnisse der Patientenfragebögen

Der Fragebogen wurde von insgesamt 70 Patienten der 141 Patienten vollständig ausgefüllt. Der Minimum Abstand zwischen Operationszeitpunkt und Ausfüllen des Fragebogens betrug 367 Tage (1 Jahr), der Maximum Abstand betrug 3638 Tage (10 Jahre). Im Mittel betrug der Abstand zwischen Operationszeitpunkt und Ausfüllen des Fragebogens 1683 Tage (4,6 Jahre). Die Häufigkeitsverteilung der mit „Ja“ beantworteten Fragen des Fragebogens bezüglich der postoperativen subjektiven Beschwerden ist in **Tabelle 38** ersichtlich. Aus den Einzelergebnissen erhält man den postoperativen anamnestischen Dysfunktionsindex A_i modifiziert nach Helkimo (Helkimo, 1974b).

Tabelle 38: Häufigkeitsverteilung der mit "ja" beantworteten Fragen

	Mit „Ja“ beantwortet
1. Würden Sie sich dem Eingriff nochmals unterziehen?	60 (85,7%)
2. Wurden Sie vor der Behandlung ausreichend aufgeklärt?	65 (92,9%)
3. Hatten Sie vor der Operation Schmerzen?	21 (30%)
Wenn Ja... ... 3a. Sind die Schmerzen nach der Operation besser geworden?	21 (30%)
... 3b. Haben Sie jetzt immer noch Schmerzen?	9 (12,9%)
4. Geht Ihr Mund immer noch so weit auf wie vor der OP?	48 (68,6%)
5. Merken Sie im Laufe des Tages, dass es anstrengender wird Ihren Mund zu öffnen und zu schließen?	13 (18,6%)
6. Nehmen Sie ein Knacken in Ihrem Kiefergelenk beim Kauen wahr?	28 (40%)
7. Hat sich Ihr Biss durch die Operation geändert?	66 (94,3%)
Wenn Ja... ... Ist der Biss besser oder	61 (87,1%)
... Ist der Biss schlechter geworden?	2 (2,9%)
Nach der Operation:	
8. Haben oder hatten Sie eine bleibende Schwellung?	8 (11,4%)
9. Haben oder hatten Sie Schmerzen im Kiefergelenk?	21 (30%)
10. Haben oder hatten Sie Schmerzen bei Druck auf die Gesichts- und Kiefermuskulatur?	15 (21,4%)
11. Haben oder hatten Sie eine Luxation des Kiefergelenks?	5 (7,1%)
12. Haben oder hatten Sie nach dem Aufwachen oder bei Bewegungen des Unterkiefers Verspannungen in der Kiefergelenksregion?	27 (38,6%)
13. Haben oder hatten Sie ein Taubheitsgefühl am Kinn?	35 (50%)
14. Haben oder hatten Sie eine Gefühlsstörung an der Unterlippe?	34 (48,6%)
Wenn Ja...	
Ist Ihre linke Unterlippe komplett taub?	4 (5,7%)
Ist Ihre linke Unterlippe pelzig?	17 (24,3%)
Ist Ihre linke Unterlippe kribbelnd?	5 (7,1%)
Ist Ihre rechte Unterlippe komplett taub?	7 (10%)
Ist Ihre rechte Unterlippe pelzig?	8 (11,4%)
Ist Ihre rechte Unterlippe kribbelnd?	2 (2,9%)

Die ausgefüllten Angaben der offenen Fragen zu 3C und 3D sind in **Tabelle 39** ersichtlich.

Tabelle 39: Patientenangaben bezüglich der Schmerzlokalisation vor und nach Operation

	3C) Wo waren die Schmerzen vor der Operation?	3D) Wo sind sie jetzt lokalisiert?
Kieferbereich	4	0
Kiefergelenk	10	11
Verspannungen Nacken	4	1
Kopfschmerzen	6	2
Schmerzen Kaumuskulatur	3	8
Nervenprobleme UK	0	2
Tubenbelüftungsstörung	0	1

Tabelle 40 stellt die Ergebnisse der Fragen 15 und 16 dar. Die Häufigkeitsverteilung der Zufriedenheit ist in **Abbildung 18** dargestellt.

Tabelle 40: Häufigkeitsverteilung der Skalen-Fragen 15 und 16

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.- Abweichung
Frage 15	70	1,0	10,0	8,19	2,52
Frage 16	69	1,0	10,0	8,58	2,17

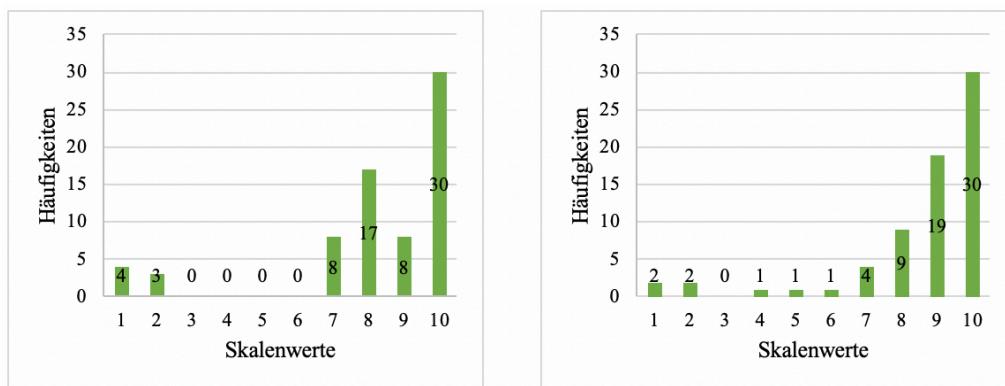


Abbildung 18: Zufriedenheit des funktionellen Ergebnisses (links) und Zufriedenheit des ästhetischen Ergebnisses (rechts) in absoluten Zahlen

Berücksichtigt man bereits präoperative Schmerzen (Frage 3), gaben 21 Patienten von 70 an, präoperativ Schmerzen gehabt zu haben. Dies ist in **Tabelle 41** ersichtlich.

Tabelle 41: Präoperative Beschwerden in Abhängigkeit des Geschlechts und der skelettalen Dysgnathie

	Skelettale Klasse I	Skelettale Klasse II	Skelettale Klasse III	Gesamt
Weiblich	1	7	9	17
Männlich	0	2	2	4
Gesamt	1	9	11	21

Alle 21 Patienten, die bereits präoperativ Schmerzen aufwiesen, gaben insgesamt eine postoperative Besserung der Schmerzen an. Trotz der Verbesserung der Schmerzen gaben 9 Patienten (45,9%) an, postoperativ nicht schmerzfrei zu sein. 12 Patienten (57,1%) gaben postoperativ vollkommene Schmerzfreiheit an.

Mittels t-Test für unabhängige Stichproben zeigte sich, dass Patienten, die ein postoperatives Taubheitsgefühl am Kinn angaben (Frage 13 des Fragebogens), keine signifikant größere Unterkieferverlagerung aufwiesen. Dies galt sowohl für die Verlagerung in vertikaler Richtung (Strecke Z; $t = 0,394$; $p = 0,695$), als auch für die Verlagerung in horizontaler Richtung (Strecke U; $t = 0,193$; $p = 0,847$) und den Winkel NIslu ($t = -0,109$; $p = 0,913$).

Auch bei Patienten, die ein postoperatives Taubheitsgefühl an der Unterlippe angaben (Frage 14 des Fragebogens), zeigte sich mittels t-Test für unabhängige Stichproben keine signifikant größere Unterkieferverlagerung. Dies galt sowohl für die Verlagerung in vertikaler Richtung (Strecke Z; $t = 1,097$; $p = 0,277$), als auch für die Verlagerung in horizontaler Richtung (Strecke U; $t = 1,093$, $p = 0,278$) und den Winkel NIslu ($t = -0,379$; $p = 0,706$).

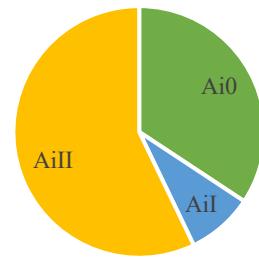
3.4.1. Auswertung des Dysfunktionsindexes Ai nach Helkimo

Von den 70 Patienten, die den Fragebogen ausfüllten, gaben 24 Patienten (17,0%) an keine subjektive Beschwerden zu haben, 6 Patienten (4,3%) gaben mittlere und 40 Patienten (28,4%) schwere postoperative subjektive Beschwerden an (**Tabelle 42**).

Tabelle 42: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes Ai nach Helkimo

	Häufigkeit	Prozent (%) von allen Patienten (100% = 141 Patienten)
Ai0	24	17,0 %
AiI	6	4,3 %
AiII	40	28,4 %

Abbildung 19: Kreisdiagramm Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes Ai nach Helkimo



Die Geschlechterverteilung ist in **Tabelle 43** ersichtlich. Insgesamt füllten 21 männliche und 49 weibliche Patienten den Fragebogen aus. Mittels des Exakten Tests nach Fisher zeigte sich, dass kein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Dysfunktionsindex nach Helkimo bestand (Fisher = 2,774; p = 0,275). Die Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes in Abhängigkeit der Umstellungsart ist in **Tabelle 44** ersichtlich.

Tabelle 43: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes in Abhängigkeit des Geschlechts

	Ai0	AiI	AiII	Gesamt
Männlich	10 (47,6%)	2 (9,5%)	9 (42,9%)	21
Weiblich	14 (28,5%)	4 (8,2%)	31 (63,3%)	49
Gesamt	24 (34,3%)	6 (8,6%)	40 (57,1%)	70

Tabelle 44: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes in Abhängigkeit der Umstellungsart

	Ai0	AiI	AiII	Gesamt
Bignathe Umstellung	22 (17,5%)	6 (4,8%)	35 (27,8%)	63
Monognathe Umstellung	2 (13,3%)	0	5 (33,3%)	7

Die Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindexes in Abhängigkeit des Alters ist in **Abbildung 20** ersichtlich.

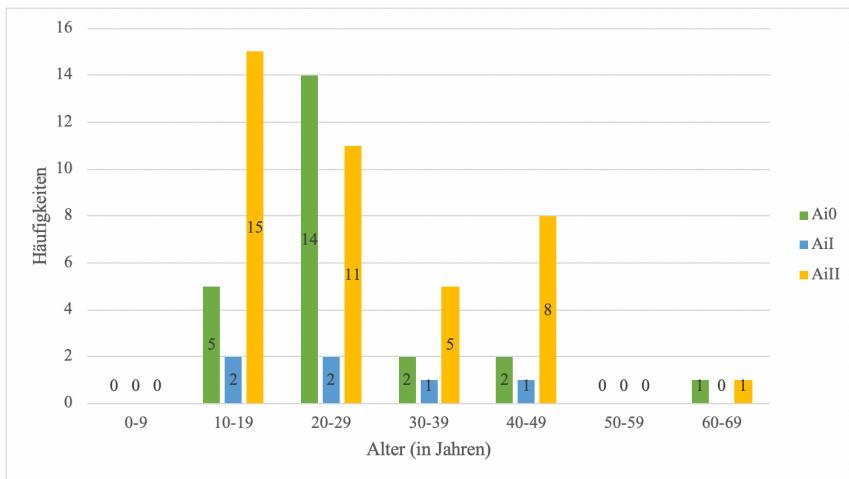


Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung des Dysfunktionsindex in Abhängigkeit des Alters in absoluten Zahlen

Mittels der Korrelation nach Pearson wurde ein Zusammenhang zwischen dem Dysfunktionsindex und dem Alter (in Jahren) untersucht. Es zeigte sich, dass eine moderate positive Korrelation zwischen dem Dysfunktionsindex und dem Alter bestand ($r = 0,67$). Dies bedeutet, dass bei Zunahme des Alters auch der Dysfunktionsindex zunimmt. Allerdings war die Korrelation nicht signifikant ($p = 0,579$).

Untersucht wurde außerdem noch der Zusammenhang zwischen der Positionsänderung des Caput mandibulae und dem Dysfunktionsindex. Die Korrelation nach Pearson ergab einen schwach negativen, nicht signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Variablen ($r = -0,106$; $p = 0,390$). Somit nahm der Dysfunktionsindex ab, je stärker die Position des Caput mandibulae sich änderte. Die Korrelation war nicht signifikant. In einer ANOVA-Analyse war der durchschnittliche Betrag der Positionsänderung des Caput mandibulae zwischen den Graden A_i0, A_iI und A_iII nicht signifikant unterschiedlich ($F(2,65) = 0,650$; $p = 0,526$). Das durchschnittliche Alter der Patienten zwischen den Graden A_i0, A_iI und A_iII war nicht signifikant unterschiedlich ($F(2,65) = 0,132$; $p = 0,877$).

Der Zusammenhang zwischen der Unterkieferverlagerung und dem Dysfunktionsindex wurde mittels der Korrelation nach Pearson untersucht. Es zeigte sich, dass der Dysfunktionsindex zunahm je stärker der Unterkiefer in sowohl horizontaler ($r = 0,136$; $p = 0,268$) als auch vertikaler Richtung ($r = 0,118$; $p = 0,338$) verlagert wurde. Mit Zunahme des Winkels NI_{s1u} nahm der Dysfunktionsindex leicht ab. Allerdings war dies für alle drei Werte nicht signifikant.

3.4.2. Auswertung der OnyxCeph™ Planung in Abhängigkeit des Fragebogens

Im Vergleich der beiden Gruppen („high-angle“ und „no/low-angle“) mit den Patienten, die den Fragebogen ausgefüllt hatten, füllten insgesamt 36 Patienten in der high-angle Gruppe und 44 Patienten in der no/low-angle Gruppe den Fragebogen aus. In Bezug auf den anamnestischen Dysfunktionsindex A_i zeigte sich, dass in der high-angle Gruppe 17 weibliche und 3 männliche Patienten einen Dysfunktionsindex A_iII aufwiesen, 3 weibliche Patienten und 1 männlicher Patient einen Dysfunktionsindex A_iI und 8 weibliche Patienten und 4 männliche Patienten einen Dysfunktionsindex von A_i0 aufwiesen (vgl. **Tabelle 45**).

Tabelle 45: Häufigkeitsverteilung der high-angle und low/no-angle Patienten in Abhängigkeit des Dysfunktionsindexes

	High angle		No/Low-angle	
	W (n=28)	M (=8)	W (n=21)	M (n=13)
A_i0	8 (28,6%)	4	6	6
A_iI	3 (10,7%)	1	1	1
A_iII	17	3	14	6

Durch eine ANOVA-Analyse zeigte sich, dass der durchschnittliche Betrag des Winkels ML-NSL keinen signifikanten Unterschied zwischen den Graden A_i0, A_iI und A_iII aufwies ($F (2,67) = 0,148$; $p = 0,862$).

4. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Beurteilung der Kondylenposition durch eine Umstellungsosteotomie des Ober- und/oder Unterkiefers. Der Einfluss von orthognathen Eingriffen auf das stomatognathe System wird seit über vier Jahrzehnten diskutiert (Al-Moraissi *et al.*, 2017, Freihofer and Petresevic, 1975, Karabouta and Martis, 1985). Dabei rückten nicht nur die okklusale bzw. skelettale Stabilität des Operationsergebnisses in den Mittelpunkt, sondern auch die unter einer geänderten Kondylenposition einhergehenden Kiefergelenksbeschwerden.

4.1. Diskussion des Patientenkollektivs

Im Zeitraum von 01.01.2009 bis 31.12.2017 wurden an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Regensburg 141 Patienten ermittelt, die sich einer Unterkiefer vorverlagerung, Unterkiefer zurückverlagerung oder einer einzeitigen bignathen Verlagerung unterzogen haben. Bei allen Patienten erfolgte die retromolare sagittale Osteotomie des Unterkiefers nach Obwegeser, modifiziert nach Hunsuck/Epker. Die einzelnen Fragmente wurden mittels der Doppelsplintmethode nach Lindorf eingestellt. Wurde eine bignathe Verlagerung durchgeführt, erfolgte im Oberkiefer eine Le Fort I-Osteotomie. Bei allen 141 Patienten wurden sowohl die präoperativen als auch die postoperativen und die Verlaufskontrollfernröntgenseitenbilder vermessen und ausgewertet. 70 Patienten (49,6%) füllten den ihnen zugeschickten Fragebogen bezüglich ihrer subjektiven postoperativen Beschwerden vollständig aus.

In der vorliegenden Studie waren von 141 Patienten 79 Frauen (56%) und 62 Männer (44%). In der Literatur unterliegt die Anzahl untersuchter Patienten großen Schwankungen was den Einfluss der „Dysgnathiechirurgie“ auf die Kiefergelenkssymptomatik angeht (vgl. 1.5). Farella *et al.* (2007) untersuchten lediglich 14 Patienten, Yoon *et al.* (2015) 15 Patienten. Dagegen wiesen die klinischen Studien von Karabouta and Martis (1985) mit 280 Patienten, Kerstens *et al.* (1989) mit 480 Patienten und Westermark *et al.* (2001) mit 1516 Patienten große Patientenkollektive auf. Von 26 klinischen Studien hatten 20 Studien eine kleinere Anzahl an untersuchten Patienten als vorliegende Studie. Nur 6 Studien wiesen eine größere Anzahl an untersuchten Patienten auf.

Die Geschlechterverteilung in der vorliegenden Studie mit einem höheren Anteil von weiblichen Patienten (56%) entsprach der Verteilung in den klinischen Studien. Bei allen klinischen Studien, die eine Geschlechterverteilung angaben, überwiegt die Anzahl weiblicher Patienten. Der Anteil von weiblichen Patienten schwankt von 55,7% (Antonarakis *et al.*, 2017) bis zu 92% (Wolford *et al.*, 2003).

In der vorliegenden Studie betrug das Durchschnittsalter 26,5 Jahre. Zum Zeitpunkt der Operation war der jüngste Patient 15,6 Jahre, der älteste Patient 60,7 Jahre alt. Mit 66 Patienten (46,8%) war die Altersgruppe 20-29 die am stärksten vertretene Gruppe. Dies deckt sich mit De Clercq *et al.* (1995), Magnusson *et al.* (1986), Smith *et al.* (1992), Egermark *et al.* (2000), Westermark *et al.* (2001), Dervis and Tuncer (2002), Ueki *et al.* (2002), Wolford *et al.* (2003), Kallela *et al.* (2005), Abrahamsson *et al.* (2013), Chen *et al.* (2013), Lee *et al.* (2013), Scolozzi *et al.* (2015), Yoon *et al.* (2015) und Antonarakis *et al.* (2017). Lediglich Dujoncquoy *et al.* (2010), Pahkala and Heino (2004) und Panula *et al.* (2000) hatten ein Durchschnittsalter von über 30 Jahren.

Der postoperative Nachuntersuchungszeitraum betrug für die FRS-Bilder im Durchschnitt 0,9 Jahre (337 Tage), das Minimum lag bei 0,33 Jahren (119 Tage), das Maximum lag bei 4,33 Jahren (1581 Tage). Die Fragebögen wurden im Durchschnitt 4,6 Jahre nach der Operation ausgefüllt, das Minimum lag bei 1 Jahr, das Maximum bei 10 Jahren. Der Nachuntersuchungszeitraum in der Literatur lag bei Onizawa *et al.* (1995) bei 2 bzw. 6 Monaten, bei Yoon *et al.* (2015) bei mind. 6 Monaten, bei Scolozzi *et al.* (2015) und bei Kallela *et al.* (2005) bei mind. 1 Jahr. Bei Westermark *et al.* (2001), Dervis and Tuncer (2002), Pahkala and Heino (2004) und Borstlap *et al.* (2004) lag der Nachuntersuchungszeitrum bei 2 Jahren. Bei Wolford *et al.* (2003) betrug der Nachuntersuchungszeitpunkt 2,2 Jahre, bei Abrahamsson *et al.* (2013) 3 Jahre und bei Panula *et al.* (2000) 4 Jahre. Bei Egermark *et al.* (2000) wurden nach 2,2-9,5 Jahren Fragebögen an die Patienten verteilt.

4.2. Diskussion der Operationstechnik

Die retromolare sagittale Osteotomie nach Obwegeser, modifiziert nach Hunsuck/Epker und die Le Fort I-Osteotomie wurden bereits hinlänglich in der Literatur diskutiert. In diesem Abschnitt soll auf die Problematik der korrekten Kiefergelenkspositionierung während dieser Operationstechniken eingegangen werden.

In der vorliegenden Studie wurde die Kieferrelation und die neue Okklusion mittels der Doppelsplintmethode nach Lindorf eingestellt (Lindorf, 1977). Hierbei diente der erste Splint zur Einstellung des Oberkiefers, der zweite Splint wurde zur Einstellung des Unterkiefers verwendet. Die Position des proximalen Segments und damit die Position des Caput mandibulae, wurde manuell, d.h. ohne Positionierungshilfe, eingestellt (Lindorf, 1977). Durch das Verwenden von Osteosyntheseplatten, die eine rigide Fixierung der Segmente erzeugen, ist das korrekte Einstellen der Segmente eine der entscheidenden Faktoren für den Erfolg der „Dysgnathiechirurgie“ und gilt als Standard (Ellis, 1994). Vor der Einführung von Osteosyntheseplatten wurden Drahtosteosynthesen verwendet. Diese finden ihre Anfänge in der Versorgung von Gesichtstraumata und wurden bereits in den 1940er Jahren durch Adams verwendet (Adams, 1943). Bei dieser nicht stabilen Fixierung war es nicht möglich die Kondylen in eine korrekte Position während der „Dysgnathiechirurgie“ einzustellen. Hierdurch waren postoperativ kondyläre Bewegungen möglich, wodurch die Kondylen ihre präoperative Position wieder einnahmen. Nachteil der Drahtosteosynthese bestand darin, dass postoperativ eine streng einzuhaltende intermaxilläre Fixierung für sechs Wochen verwendet werden musste (Bénateau *et al.*, 2014).

Eine Literaturübersicht von Ellis (1994) zeigt, dass eine weitgehende Einigkeit zwischen verschiedenen Autoren herrscht, dass die Aufrechterhaltung der Kondylenposition während der „Dysgnathiechirurgie“ von besonderer Wichtigkeit für die Stabilität des postoperativen Ergebnisses ist. Wird diese nicht aufrechterhalten kann es zu Rezidiven, kondylären Resorptionen oder Fehladaptionen kommen (Bénateau *et al.*, 2014, Costa *et al.*, 2008, Ellis, 1994). Trotz dieser bekannten Probleme bei Veränderung der Kondylenposition kommt es dennoch häufig zu einer operativen Positionsänderung der Kondylen. Diese Positionsänderung der Kondylen kann verschiedene Ursachen haben.

Zum einen ist zu berücksichtigen, dass die Kondylenposition im narkotisierten und relaxierten Zustand in Rückenlage nicht mit der Position bei Bewusstsein übereinstimmt (Posselt, 1952).

Die Position des Patienten und der Tonus der Kaumuskulatur spielen hierbei eine zentrale Rolle (Posselt, 1952). In wachem Zustand befindet sich der Patient bei Untersuchungen meist im Sitzen, während er bei der Vollnarkose auf dem Operationstisch liegt. Zusätzlich verursachen die Muskelrelaxantien während der Vollnarkose eine Verringerung des Muskeltonus, wodurch die Kondylen eine retrale Position einnehmen (Bamber *et al.*, 1999, Boucher and Jacoby, 1961, McMillen, 1972, Posselt, 1952).

Ebenso ist belegt, dass Änderungen der Kondylenposition durch die sagittale Spaltung des Unterkiefers zur Korrektur der Dysgnathie auftraten (Ellis, 1994). Diese Änderungen sind bereits hinlänglich in der Literatur belegt und es scheint, dass es keine direkte Korrelation zwischen der Verlagerungsrichtung der Mandibula während der Operation und der postoperativen Position der Kondylen gibt (Freihofer and Petresevic, 1975, Hackney *et al.*, 1989, Spitzer *et al.*, 1984). Auch bei isolierten Verlagerungen der Maxilla und der damit verbundenen Autorotation der Mandibula kommt es zu einer Positionsänderung der Kondylen (Herbosa *et al.*, 1990, O’Ryan and Epker, 1983).

Eine vermeintliche Lösung zum korrekten Einstellen der Kondylenposition stellen Positionierungshilfen dar. Die bekannteste Methode, die heutzutage noch verwendet wird, ist die nach Luhr, der eine Positionierungsplatte verwendete und diese bei bimaxillären Eingriffen – bevor er die Osteotomie am Unterkiefer durchführte – lateral an der Vorderkante des aufsteigenden Astes und oberhalb der Le Fort I-Osteotomielinie am Jochbein fixierte. Bei einem Eingriff im Unterkiefer fixierte er die Positionierungsplatte sowohl lateral an der Vorderkante des aufsteigenden Astes als auch am Kunststoffbalkons des operativen Splints – ebenfalls vor der Durchführung der eigentlichen sagittalen Spaltung. Hierdurch erhoffte er die präoperative Kiefergelenksstellung zu erhalten (Luhr *et al.*, 1991). Allerdings verwenden nur wenige Autoren Positionierungshilfen. Costa *et al.* (2008) fanden in einer Übersichtsarbeit heraus, dass von 38 untersuchten Studien, die seit 1994 publiziert wurden, nur drei Autoren Positionierungshilfen verwendeten. Bei Ellis (1994) wurden Fragebogen an elf Autoren verschickt, die Studien publiziert hatten in denen sie Positionierungshilfen verwendet hatten. Nur drei Autoren antworteten in ihrem Fragebogen, dass sie weiterhin Positionierungshilfen routinemäßig verwendeten. Dies ist auf die Probleme zurückzuführen, die Positionierungshilfen mit sich bringen: der erhöhte operative Zeitaufwand, die Abhängigkeit von der korrekten Registrierung der Zentrik am Patienten präoperativ und die korrekte intraoperative Fixierung der Positionierungsplatte. Gerade die zentrische Kondylenposition, die

mittels eines Bissregistrats ermittelt werden soll ist durch Faktoren wie psychischer Stress des Patienten, Schmerzen im craniomandibulären Systems, okklusalen Störkontakte, neuromuskulären Adoptionsmechanismen und falsche Führung durch den Behandler beeinflusst (Ellis, 1994). Auch muss bedacht werden, dass die präoperative Position des Kondylus nicht unbedingt die ideale Position ist. Bereits 1991 zeigte Ellis in einer experimentellen Tierstudie, dass nach einer Unterkiefervorverlagerung, die Kondylen sich postoperativ weiter nach posterior bewegt hatten. Es ist daher anzunehmen, dass die präoperative Position der Kondylen nicht stark genug ist dem Zug der Kaumuskulatur und des Weichgewebes standzuhalten (Ellis and Hinton, 1991). Verschiedene Arbeiten zeigten, dass eine skelettale Remodellation stattfindet, die die operationsbedingten Veränderungen der Kondylenposition in einem gewissen Umfang kompensieren können (Ellis and Hinton, 1991, Helm and Stepke, 1997, Hoppenreijns *et al.*, 1998). Durch das Fehlen evidenz-basierter Daten ist es weiterhin ein kontrovers diskutiertes Thema, ob Positionierungshilfen wirklich einen klinisch relevanten Vorteil gegenüber der manuellen Positionierung bieten. Gerressen *et al.* (2007) fanden heraus, dass die Verwendung von Positionierungshilfen keinen Vorteil bei der skelettalen Stabilität brachten. Andere klinische Studien zeigten, dass es möglich ist, die Kondylen auch ohne Positionierungshilfe korrekt zu positionieren (Will *et al* 1984 und van Sickels 1986). Allerdings ist hierbei die Erfahrung des Operateurs von großer Bedeutung (Rotskoff *et al.*, 1991).

Sowohl Herbosa *et al.* (1990) und Chen *et al.* (2013) kamen zu dem Schluss, dass die präoperative Position der Kondylen nicht die postoperative Position der Kondylen sein muss, das dies allerdings auch nicht direkt bedeutet, dass eine CMD entstehen wird. Es wird aktuell angenommen, dass die beste postoperative Position der Kondylen die ist, bei der postoperativer biomechanischer Stress zwar zur skelettalen Remodellation führt, diese Remodellation allerdings keine degenerative Veränderung herbeiführt (Ueki *et al.*, 2012). Um dieses Ziel zu erreichen eignen sich gemäß der bisherigen Literatur die manuelle Positionierung der proximalen Segmente ebenso wie die Methode mit Positionierungshilfen. Studien mit längeren Beobachtungszeiträumen sind notwendig, um weitere Aussagen treffen zu können(Gerressen *et al.*, 2006). Ein letzter Faktor, der bei der manuellen Einstellung des proximalen Segments bedacht werden muss, ist der Operateur selbst. In einer Studie von Savoldelli *et al.* (2018) zeigte sich, dass eine Lernkurve bei der Einstellung der Segmenten besteht. Es könnte also sein, dass bei weniger erfahrenen Operateuren Positionierungshilfen also von Vorteil sein könnten.

4.3. Diskussion der Methodik

Die anamnestischen Daten aller Patienten wurden retrospektiv aus den Patientendokumentationen erhoben. Miteinbezogen wurden die präoperativen Planungen, die Vorbehandlungen, etwaige dokumentierte Kiefergelenksbeschwerden, der operative Ablauf und die Nachbehandlung. Die subjektiven postoperativen Beschwerden wurden mittels eines Fragebogens ermittelt und auf den anamnestischen Dysfunktionsindex nach Helkimo übertragen (Helkimo, 1974c). Zusätzlich wurden bei jedem Patienten drei Fernröntgenseitenbilder präoperativ, postoperativ und als Verlaufskontrolle ausgewertet.

Vergleichbare Untersuchungen fanden bereits in den letzten vier Jahrzehnten statt (vgl. 1.5). Die Diagnostik konnte hierbei in drei Kategorien unterteilt werden: Entweder wurden prä-/postoperative Untersuchungen, ein Fragebogen oder eine spezifische Bildgebung verwendet. Kombinationen waren natürlich jederzeit möglich. Fernröntgenseitenbilder wurden bei De Clercq *et al.* (1995) verwendet, ein Fragebogen welcher mittels des Helkimo-Index verarbeitet wurde, wurde bei Magnusson *et al.* (1986), Smith *et al.* (1992), Panula *et al.* (2000), Egermark *et al.* (2000), Dervis and Tuncer (2002), Pahkala and Heino (2004), Kallela *et al.* (2005), Scolozzi *et al.* (2015) und Antonarakis *et al.* (2017) benutzt.

Bei Onizawa *et al.* (1995) wurde das Auftreten craniomandibulärer Symptome nach „Dysgnathiechirurgie“ mit der Prävalenz bei gesunden Freiwilligen verglichen. Auch Panula *et al.* (2000), Dervis and Tuncer (2002), Abrahamsson *et al.* (2013) und Yoon *et al.* (2015) verglichen das Vorkommen von craniomandibulären Symptomen nach einer „Dysgnathiechirurgie“ mit der Prävalenz in einer gesunden Kontrollgruppe.

Eine besondere Stellung nimmt die Studie von Ueki *et al.* (2002) in der vorliegenden Dissertation ein. Ziel der Studie war es die Veränderungen der Morphologie des Kiefergelenks und die klinischen Symptome nach „Dysgnathiechirurgie“ zu vergleichen. Hierbei wurden 43 Patienten präoperativ und postoperativ klinisch und mittels MRT untersucht. Die Messmethode in der sagittalen wurde für die verwendete Bildgebung der Fernröntgenseitbilder in der vorliegenden Dissertation adaptiert. MRT Bildgebung hat den Vorteil, dass im Gegensatz zu FRS die Kondylen getrennt voneinander untersucht werden können wodurch keine Überlagerung entsteht. Zusätzlich ist es möglich, ein dynamisches MRT anzufertigen, zur Funktionsbeurteilung des Kiefergelenks. Diese Aufnahme hat den Vorteil, dass man die vollständige Bewegung des Kiefergelenks beurteilen kann und nicht nur ein einzelnes statisches

Bild hat, welches die Abweichung eventuell nicht darstellt (Krohn *et al.*, 2016). Allerdings ist die MRT Bildgebung weiterhin kein Standard vor „Dysgnathiechirurgie“. Gründe hierfür sind die hohen Kosten, Bewegungsartefakte durch lange Untersuchungsdauer, Auflösung und verursachte Bildstörungen durch Metall. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass ein MRT strahlenfrei ist und somit die Belastung von ca. 1,2 µSv pro FRS-Aufnahme entfällt. Auch besteht bei 2-dimensionalen Bildgebungen das Problem, dass skelettale Punkte aufgrund des Überlappens anatomischer Strukturen nicht immer eindeutig zu identifizieren sind (Lin and Lo, 2015). Dies kann gerade im Bereich der Kiefergelenke zu Problemen führen, da die dortigen Strukturen eng beieinander liegen und womöglich nicht immer akkurat unterschieden werden können. Durch diese bekannte Problematik wurde – anders als bei Ueki *et al.* (2002) – keine Referenzstrecke zwischen dem tiefsten Punkt des Tuberculum articulare und der Fissura petrotympanica gezeichnet, da die Fissura petrotympanica im FRS schwierig bis gar nicht eindeutig darzustellen ist. Dagegen wurde die Nasion-Sella-Linie als Referenzstrecke gewählt, da sowohl der Nasion-Punkt als auch der Sella-Punkt gut darstellbare skelettale Punkte im FRS sind.

Eine andere Bildgebung, die heutzutage eine wichtige Rolle spielt, ist die Digitale Volumentomographie (DVT). Diese bildgebende Diagnostik wurde 1996 entwickelt und seitdem immer weiter verbessert (Pittayapat *et al.*, 2014). Ebenso wie das MRT ist das DVT eine 3-dimensionale Bildgebung, jedoch mit einer hohen Strahlenbelastung. Durch die Verwendung von Röntgenstrahlen, liegt die typische Dosis bei 300 µSv pro DVT Aufnahme. Dies ist die 250-fache Strahlenbelastung eines FRS. Chen *et al.* (2013), Lee *et al.* (2013) und Yoon *et al.* (2015) verwendeten DVT als Bildgebung in ihren Studien. Ebenso wie beim MRT ist es auch beim DVT möglich die beiden Kiefergelenke getrennt voneinander zu untersuchen. Insgesamt wurden bei Chen *et al.* (2013) 4 DVT pro Patient, bei Lee *et al.* (2013) 2 DVT pro Patient und bei Yoon *et al.* (2015) 3 DVT pro Patient angefertigt. Auch wenn 3D-Aufnahmen immer mehr zum Einsatz kommen, ist Ihr Nutzen gegenüber dem Strahlenrisiko abzuwägen. Vorteile des DVT sind neben dem Erstellen von 3-dimensionalen Bildern, dass zusätzliche pathologische oder anatomische Abweichungen dargestellt werden können, die im FRS nicht abgebildet werden. Die Planung ist akkurate, da das DVT um den Patienten herumfährt und somit die Strahlendivergenz, die im FRS entsteht, vermieden werden kann (Shokri *et al.*, 2014). Da die DVT jedoch erst in den letzten Jahren vermehrt verwendet werden, gibt es anders wie

beim FRS, noch keinen großen Datenpool, der herbeigezogen werden kann. Standard Populationsnormen müssen hierbei erst noch erstellt werden (Kumar *et al.*, 2008).

Zusätzlich zur FRS-Untersuchung und der Datenerhebung aus den Krankenakten und dem OnyxCeph™ wurden postoperative Fragebögen an die Patienten verschickt. Im Gegensatz zur vorliegenden retrospektiven Studie, gibt es nur eine prospektive klinische Studie die einen Fragbogen präoperativ und zweimal postoperativ ausfüllen ließen (Panula *et al.*, 2000).

Subjektive Patientenangaben unterliegen vielen Parametern. Zum einen spielt der Zeitabstand zwischen dem Ausfüllen des Fragebogens und der Operation eine große Rolle. Da die Fragebögen im Durchschnitt 4,6 Jahre nach der Operation ausgefüllt wurden, ist anzunehmen, dass sich die subjektive Meinung eines Patienten während einer Zeitspanne von 10 Jahren geändert haben kann. Diese Zeitproblematik ist auch immer wieder in Longitudinalstudien zu beobachten, bei denen über die Zeit die Beurteilung der Patienten zu einer Änderung der Ergebnisse führt, bekannt als Attrition bias. Es kann also sein, dass einzelne Patientengruppen in Abhängigkeit der Zufriedenheit nach 10 Jahren eher dazu geneigt sind, einen Fragebogen auszufüllen, was jedoch nicht objektiv ermittelt werden kann. Dies kann das Ergebnis des Fragebogens beeinflussen (Nunan *et al.*, 2018).

Auch darf nicht vergessen werden, dass es 1 Jahr nach Operation noch Beschwerden geben kann, wie z.B. ein Taubheitsgefühl der Unterlippe, welche nach 10 Jahren nicht mehr vorhanden sein muss. In der Regel nehmen die meisten Sensibilitätsstörungen innerhalb der ersten 1-1,5 Jahre ab (Agbaje *et al.*, 2015). Andersherum entstehen Craniomandibuläre Symptome über einen längeren Zeitraum und liegen eventuell bei 1 Jahr postoperativ noch nicht vor. Würde man allerdings 10 Jahre warten, könnte dieser Patient, der nach einem Jahr den Fragebogen ausfüllte, sehr wohl eine CMD aufweisen. In zwei Studien zur Neuentwicklung von CMD wurde übereinstimmend eine Neuentwicklung von ca. 6% in 3 Jahren beobachtet (Lim *et al.*, 2010, Von Korff *et al.*, 1993). Es muss davon ausgegangen werden, dass Rezidive, ebenso wie CMD Beschwerden, ein Leben lang auftreten können (Panchal *et al.*, 2017).

Ein anderer Parameter bei subjektiven Patientenangaben ist die Art der Fragestellung, sowie die Festlegung des Normalzustandes. Durch die vorliegende Heterogenität unserer Population und somit auch der untersuchten Patienten, ist eine unterschiedliche Auffassung des „Normalzustandes“ anzunehmen. Geht es um die Erfassung von Schmerzen bzw. der

Abwesenheit von Schmerz dürfen Faktoren wie Alter, Geschlecht, Kultur und individuelle Erfahrungen nicht außer Acht gelassen werden (Campbell and Edwards, 2012, King and McCool, 2004). In einer Übersichtsarbeit von Shaefer *et al.* (2018) wird deutlich, dass Frauen eine höhere Prävalenz für orofaziale Schmerzen aufweisen als Männer. Auch gibt es einen Unterschied in der Schmerztoleranzgrenze zwischen Frauen und Männern (Fillingim, 2000). Es wurde versucht, diese Unterschiede in der vorliegenden Dissertation zu berücksichtigen.

4.4. Diskussion der Ergebnisse

4.4.1. Die cephalometrische Auswertung

Bei allen 141 Patienten wurden insgesamt 3 Fernröntgenseitenbilder gemacht. Das erste FRS wurde präoperativ (T1), das zweite FRS nach der Operation (T2) und das letzte wurde als Verlaufskontrolle nach ca. 6 Monaten (T3) angefertigt. Die durchschnittliche Anzahl an Tagen zwischen dem präoperativen FRS und der „Dysgnathieoperation“ betrug 52 Tage, mit einer Minimum Anzahl an Tagen von 7 Tagen, das Maximum an Tagen war 1145 Tage (3,2 Jahre). Das erste postoperative FRS wurde durchschnittlich 3 Tage nach dem Eingriff angefertigt, der kürzeste Abstand betrug 1 Tag und der längste Abstand betrug 6 Tage. Das Verlaufskontroll-FRS wurde im Durchschnitt 337 Tage nach dem Eingriff angefertigt, mit einem Minimum von 119 Tagen und einem Maximum von 1581 Tagen. Da das FRS T2 direkt nach der Operation hergestellt wurde und zu diesem Zeitpunkt noch Schwellungen der Weichteile vorhanden sind, ist es zur Kiefergelenksbeurteilung wenig geeignet. Während des Anfertigens der FRS-Aufnahme müssen die Patienten ihren Mund geschlossen halten, was in den ersten Tagen nach einer „Dysgnathiechirurgie“ nicht möglich ist. Auch ist die Okklusion direkt nach der Operation noch nicht die gleiche, da diese postoperativ durch den Kieferorthopäden feinjustiert werden muss (Wirthlin and Shetye, 2013). Daher hielten nur 16 Patienten ihren Mund während der postoperativen FRS T2 Aufnahme vollständig geschlossen.

In der vorliegenden Dissertation wurde die horizontale und vertikale Positionsänderung des Caput mandibulae untersucht. Die horizontale Positionsänderung der Kondylen kann in drei Gruppen unterteilt werden. Die d1X-Gruppe stellt die Veränderung der x-Strecke vom präoperativen FRS (T1) zum postoperativen FRS (T2) dar. Durch die Berücksichtigung des Mundschlusses konnten von 141 Patienten nur 16 Patienten berücksichtigt werden. In der d1X-Gruppe lag die maximale Verlagerung nach ventral bei 1,67 mm, die maximale Verlagerung

nach dorsal bei -5 mm. Im Durchschnitt lag die horizontale Verlagerung in der d1X-Gruppe bei -1,12 ($\pm 1,88$) mm. Die d2X-Gruppe stellt die Veränderung der x-Strecke vom postoperativen FRS (T2) zum Verlaufskontroll-FRS (T3) dar. Durch die Berücksichtigung des Mundschlusses konnten von 141 Patienten auch hier nur 16 Patienten berücksichtigt werden. In der d2X-Gruppe lag die maximale Verlagerung nach ventral bei 2,79 mm, die maximale Verlagerung nach dorsal bei -2,7 mm. Im Durchschnitt lag die horizontale Verlagerung der d2X-Gruppe bei 0,8 ($\pm 1,58$) mm. In der letzten Gruppe, die d3X-Gruppe, stellt die Gesamtveränderung der x-Strecke vom präoperativen FRS (T1) zum Verlaufskontroll-FRS (T3) dar. Durch Berücksichtigung des Mundschlusses konnten diesmal von 141 Patienten 132 Patienten ausgewertet werden. In der d3X-Gruppe lag die maximale Verlagerung nach ventral bei 4,95 mm, die maximale Verlagerung nach dorsal bei -8,1 mm. Insgesamt bewegte sich das Caput mandibulae bei 66 Patienten nach ventral und bei 55 Patienten nach dorsal. Berücksichtigt man nun eine Messungenauigkeit von 1 mm, kam es bei 38 Patienten (28,8 %) zu einer dorsalen und bei 35 Patienten (26,7 %) zu einer ventralen Verlagerung des Caput mandibulae. Bei 59 Patienten (44,7 %) wurde keine horizontale Verlagerung des Caput mandibulae festgestellt. Bei den Patienten, die präoperativ eine skelettale Klasse II aufwiesen, wurde bei 19 Patienten (29,7 %) das Caput mandibulae nach dorsal verlagert und bei 15 Patienten (23,4 %) nach ventral verlagert. Bei 30 Patienten (46,9 %) die präoperative eine Klasse II aufwiesen, fand keine Verlagerung statt. Bei den Patienten, die präoperativ eine skelettale Klasse III aufwiesen, wurde bei 18 Patienten (27,7 %) das Caput mandibulae nach dorsal und bei 19 Patienten (29,2 %) nach ventral verlagert. Bei 28 Patienten (43,1 %) mit präoperativer skelettalen Klasse III, wurde das Caput mandibulae nicht verlagert. Bei der Unterteilung nach Umstellungsart, zeigte sich, dass bei der bignathen Umstellung das Caput mandibulae bei 37 Patienten (31,4 %) nach dorsal und bei 27 Patienten (22,9 %) nach ventral verlagert wurde. Bei 54 Patienten (45,8 %) fand keine Verlagerung statt. Die monognathe Umstellung im Unterkiefer führte bei 1 Patient (7,1 %) zu einer dorsalen Verlagerung, bei 8 Patienten (57,1 %) zu einer ventralen und bei 5 Patienten (35,7 %) zu keiner Verlagerung. Mittels t-Test für verbundene Stichproben der Zeitpunkte T1 und T3 zeigte sich, dass die „Dysgnathieoperation“ keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die horizontale Lage des Caput mandibulae hatte ($p = 0,753$). Die Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae bei monognathen Eingriffen ist in der Horizontalen größer als die der bignathen Eingriffe.

Die d1Y-Gruppe stellt die vertikale Veränderung der y-Strecke vom präoperativen FRS (T1) zum postoperativen FRS (T2) dar. Durch die Berücksichtigung des Mundschlusses konnten von 141 Patienten nur 16 Patienten berücksichtigt werden. In der d1Y-Gruppe lag die maximale Verlagerung nach kaudal bei 3,16 mm, die maximale Verlagerung nach kranial bei -2,22 mm. Im Durchschnitt lag die vertikale Verlagerung in der d1Y-Gruppe bei 0,14 (\pm 1,52) mm. Die d2Y-Gruppe stellt die Veränderung der y-Strecke vom postoperativen FRS (T2) zum Verlaufskontroll-FRS (T3) dar. Durch die Berücksichtigung des Mundschlusses konnten von 141 Patienten auch hier nur 16 Patienten berücksichtigt werden. In der d2Y-Gruppe lag die maximale Verlagerung nach kaudal bei 2,7 mm, die maximale Verlagerung nach kranial bei -2,7 mm. Im Durchschnitt lag die vertikale Verlagerung der d2Y-Gruppe bei -0,39 (\pm 1,25) mm. In der letzten Gruppe, die d3Y-Gruppe, stellt die Gesamtveränderung der y-Strecke vom präoperativen FRS (T1) zum Verlaufskontroll-FRS (T3) dar. Nach Berücksichtigung des Mundschlusses konnten von 141 Patienten 132 Patienten ausgewertet werden. In der d3Y-Gruppe lag die maximale Verlagerung nach kaudal bei 4,95 mm, die maximale Verlagerung nach kranial bei -7,2 mm. Insgesamt bewegte sich das Caput mandibulae bei 52 Patienten nach kaudal und bei 48 Patienten nach kranial. Berücksichtigt man nun eine Messungenauigkeit von 1 mm, kam es bei 28 Patienten (21,2 %) zu einer kranialen und bei 32 Patienten (24,2 %) zu einer kaudalen Verlagerung des Caput mandibulae. Bei 72 Patienten (54,5 %) wurde keine vertikale Verlagerung des Caput mandibulae festgestellt. Bei den Patienten, die präoperativ eine skelettale Klasse II aufwiesen, wurde bei 15 Patienten (23,4 %) eine kraniale Verlagerung und bei 12 Patienten (18,8 %) eine kaudale Verlagerung des Caput mandibulae beobachtet. Bei 37 Patienten (57,8 %) die präoperativ eine Klasse II aufwiesen wurde keine vertikale Verlagerung des Caput mandibulae beobachtet. Bei den Patienten, die präoperativ eine skelettale Klasse III aufwiesen, wurde bei 12 Patienten (18,5 %) das Caput mandibulae nach kranial und bei 19 Patienten (29,2 %) nach kaudal verlagert. Bei 34 Patienten (52,3 %), die eine präoperative skelettalen Klasse III aufwiesen, wurde das Caput mandibulae nicht verlagert. Berücksichtigt man die Umstellungsart, dann zeigte sich, dass bei der bignathen Umstellung das Caput mandibulae bei 22 Patienten (18,6 %) nach kranial, bei 30 (25,4 %) nach kaudal verlagert wurde. Bei 66 Patienten (55,9 %) fand keine Verlagerung statt. Die monognathe Umstellung im Unterkiefer führte bei 6 Patienten (37,5 %) zu einer kranialen Verlagerung, bei 4 Patienten (25 %) zu einer kaudalen und bei 6 Patienten (37,5 %) zu keiner Verlagerung. Mittels t-Test für verbundene Stichproben der Zeitpunkte T1 und T3 zeigte sich, dass die

„Dysgnathieoperation“ keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die vertikale Lage des Caput mandibulae hatte ($p = 0,872$).

Die kombinierten Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae in horizontaler und vertikaler Richtung wurden mittels des Satzes des Pythagoras berechnet. Hierdurch ergaben sich insgesamt neun Gruppen. Die Gruppe mit den meisten Patienten war die ventro-kaudale Verlagerung mit 25 Patienten (18,9 %). Die kranio-ventrale Verlagerung stellte mit 23 Patienten (17,4 %) die zweitgrößte Gruppe. Bei 21 Patienten (15,9 %) fand eine Verlagerung nach kaudo-dorsal statt. Auch wurden bei insgesamt 21 Patienten (15,9 %) keine Verlagerung festgestellt. Bei den Patienten die präoperativ eine skelettale Klasse II aufwiesen veränderte sich das Caput mandibulae bei 12 Patienten (18,8 %) gar nicht. Bei den Patienten die präoperativ eine skelettale Klasse III aufwiesen fand bei 14 Patienten (21,5 %) eine ventro-kaudale Verlagerung des Caput mandibulae statt. Mittels t-Test zeigte sich, dass sowohl das Alter ($p = 0,327$) als auch das Geschlecht ($p = 0,869$) keinen Einfluss auf die Positionsänderung des Caput mandibulae hatte. Mittels Korrelation nach Pearson zeigte sich, dass der Zusammenhang der Positionsänderung des Caput mandibulae und der horizontalen Unterkieferverlagerung schwach positiv, jedoch nicht signifikant war ($r = 0,089; p = 0,312$).

Unsere Ergebnisse decken sich überwiegend mit neueren Studien aus den letzten Jahren. Auch Vale *et al.* (2018), Lee *et al.* (2013) und Ueki *et al.* (2002) stellten keine signifikante Änderung der Position des Caput mandibulae zwischen präoperativ und postoperativ fest. Jedoch gab es auch Autoren wie Chen *et al.* (2013), Mendez-Manjon *et al.* (2016) die eine signifikante Positionsänderung feststellten. Mendez-Manjon *et al.* (2016) untersuchten 22 Patienten mit skelettaler Klasse II und fanden heraus, dass die Positionsänderung des Kondylus eine signifikante Rolle spielte ($p < 0,05$). Chen *et al.* (2013) untersuchten 27 Patienten und fanden heraus, dass eine signifikante Änderung der Kondylusposition nach retromolarer sagittaler Osteotomie nach Obwegeser in Kombination mit Le Fort I-Osteotomie stattfand.

In einem Review von Ueki *et al.* (2012) wurde zusammengefasst, dass die ideale postoperative Position des Kondylus, einschließlich „Discus Position“, nicht mit der präoperativen Kondylenposition übereinstimmen muss. Sie sollten jedoch annähernd eine ähnliche Position erreichen (Ueki *et al.*, 2012).

4.4.2. Fragebogen zu den subjektiven Angaben der Patienten

Der Fragebogen wurde von 70 Patienten der 141 operierten Patienten ausgefüllt und wieder zurückgeschickt (50%). Der Abstand zwischen Operationszeitpunkt und Ausfüllen des Fragebogens betrug zwischen 367 Tagen (1 Jahr) und 3638 Tage (10 Jahre). Im Mittel betrug der Abstand zwischen Operationszeitpunkt und Ausfüllen des Fragebogens 1683 Tage (4,6 Jahre). Durch die Häufigkeitsverteilung der mit „Ja“ beantworteten Fragen des Fragebogens bezüglich der postoperativen subjektiven Beschwerden erhält man den postoperativen anamnestischen Dysfunktionsindex A_i modifiziert nach Helkimo (Helkimo, 1974a, b, c, d). Insgesamt gaben 24 Patienten (34,3 %) der 70 Patienten eine postoperative subjektive Symptomfreiheit an (A_{i0}), 6 Patienten (8,6 %) gaben mittlere subjektive Beschwerden (A_{iI}) und 40 Patienten (57,1 %) schwere postoperative subjektive Beschwerden an (A_{iII}). Magnusson *et al.* (1986) fanden heraus, dass der anamnestische Dysfunktionsindex A_i sich signifikant zwischen dem ersten (präoperativen) und dem letzten (postoperativen) Fragebogen reduziert hatte. 11 Patienten (55%) gaben postoperativ eine subjektive Symptomfreiheit an (A_{i0}), 4 Patienten gaben mittlere subjektive Beschwerden (A_{iI}) und 5 Patienten gaben schwere postoperative subjektive Beschwerden an (A_{iII}). Anders als in der vorliegenden Dissertation bestand die größte Patientengruppe bei Magnusson *et al.* (1986) aus Patienten ohne subjektiven Beschwerden. Antonarakis *et al.* (2017) fand keinen signifikanten Unterschied im anamnestischen Dysfunktionsindex nach Helkimo präoperativ und postoperativ, es gab allerdings einen Trend zur Abnahme der Patienten in A_{iI} . Auch Pahkala and Heino (2004) bemerkten eine Abnahme in der Schwere der Beschwerden. Ähnlich wie in der vorliegenden Dissertation fanden jedoch Sostmann *et al.* (1991) heraus, dass die meisten Patienten schwere postoperative subjektive Beschwerden angaben. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass durch die eingeschränkte Mundöffnung Patienten automatisch in der höheren Dysfunktionskategorie einsortiert wurden, obwohl die Schmerzen und CMD Symptome abnahmen. Eine aktuelle Studie von Leamari *et al.* (2019) fand ebenso heraus, dass die meisten Patienten in ihrer Studie in die höchste Kategorie (A_{iII}) einsortiert werden mussten. Bei Berücksichtigung der „High angle“ und „No/Low angle“ zeigte sich, dass der Winkel ML-NSL keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Dysfunktionsgraden aufwies ($p = 0,862$). Sowohl De Clercq *et al.* (1995) als auch Kerstens *et al.* (1989) wiesen nach, dass CMD Beschwerden postoperativ vermehrt in „high angle“ Patienten anzutreffen waren.

Helkimo selbst untersuchte 1974 die nordfinnische Normalbevölkerung mit Hilfe der durch ihn entwickelten Index und fand heraus, dass 43% der männlichen Befragten keine Dysfunktionssymptome (A_i0), 26% „leichte Symptome“ (A_iI) und 31% der männlichen Befragten „schwere subjektive Beschwerden“ angaben (A_iII). Bei den weiblichen Befragten war die Verteilung anders: 44% der Befragten gab keine Dysfunktionssymptome an (A_i0), 35% der Frauen gab „milde subjektive Beschwerden“ an (A_iI) und 21% der weiblichen Befragten gaben „schwere subjektive Symptome“ an (A_iII). Schwere subjektive Symptome (A_iII) kamen prozentual häufiger bei Männern vor, Frauen empfanden eher milde Symptome (A_iI) (Helkimo, 1974a, b, c, d). Diese Ergebnisse sind besser als die der vorliegenden Studie. Mittels dem exakten Test nach Fisher zeigte sich, dass in der vorliegenden Studie kein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Dysfunktionsindex nach Helkimo besteht (Fisher = 2,774; p = 0,275). Auch die Verteilung der Symptome ist in der vorliegenden Studie anders als bei Helkimo: Insgesamt gaben 31 Frauen (63,3 %) schwere subjektive Symptome an, 4 Frauen (8,2 %) milde subjektive Beschwerden und 14 Frauen (28,5 %) hatten keinerlei Beschwerden. 9 Männer (42,9 %) gaben schwere subjektive Symptome an, 2 Männer (9,5 %) gaben milde subjektive Symptome an und 10 Männer (47,6 %) hatten keinerlei Beschwerden. Der Zusammenhang zwischen der Unterkieferverlagerung und dem Dysfunktionsindex wurde mittels der Korrelation nach Pearson untersucht. Es zeigte sich, dass der Dysfunktionsindex zunahm, je stärker der Unterkiefer in horizontaler Richtung verlagert wurde ($r = 0,136$; $p = 0,268$). Dieser Zusammenhang war jedoch nicht signifikant. Auch in vertikaler Richtung zeigte sich ein höherer Dysfunktionsindex bei größerer Verlagerung ($r = 0,118$; $p = 0,338$). Auch hier lag jedoch keine signifikante Korrelation vor.

Drei wichtige Faktoren bei diesen Ergebnissen sind zu berücksichtigen: Die Schmerzwahrnehmung in Abhängigkeit des Geschlechts, die Schwächen des Helkimo Index und der nicht definierte Zeitpunkt zum Ausfüllen des Fragebogens. Auch wenn in der vorliegenden Dissertation kein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Dysfunktionsindex nach Helkimo festgestellt werden konnte, so ist dennoch die hohe Zahl an weiblichen Patienten die schwere subjektive Symptome angaben (31 Frauen im Vergleich zu 9 Männern), nicht von der Hand zu weisen. Dies kann verschiedene Gründe haben. Zum einen haben weibliche Patienten eine höhere Prävalenz für Schmerzen im Gesicht, Hals und stomatognathen System (Bueno *et al.*, 2018, Shaefer *et al.*, 2018). Frauen neigen weiterhin dazu schneller eine Behandlung für die Linderung der Schmerzen aufzusuchen (Fillingim, 2000,

Shaefer *et al.*, 2018). Dies deutet auf eine grundsätzliche Dysbalance der „Dysgnathiepatienten“ in Richtung Frauen mit Beschwerden hin. Der andere wichtige Faktor ist der Helkimo Index selber, da die einzelnen Komponenten heterogen sind und diese durch das Verwenden von nur drei Werten unterrepräsentiert werden (van der Weele and Dibbets, 1987). Ursprünglich wurde der Index entwickelt, um die breite Masse der Population zu untersuchen. Es fehlt dem Helkimo Index daher an Sensitivität. Muskuläre Beschwerden werden nicht von Kiefergelenksbeschwerden unterschieden (Friction and Schiffman, 1987). Auch werden Patienten schneller in eine höhere Kategorie platziert beim Verwenden des anamnestischen Dysfunktionsindex nach Helkimo. Dies wird besonders in einer Studie über rheumatoide Arthritis deutlich, in der sowohl der anamnestische Dysfunktionsindex nach Helkimo als auch der Craniomandibuläre-Index (CMI) verwendet wurde (da Cunha *et al.*, 2007). Der CMI wird als Weiterentwicklung des Helkimo Index für klinische Studien gesehen (Friction and Schiffman, 1987). Auch dieser Index ist fehlerbehaftet, soll hier jedoch nur als Vergleich dienen. In der Patientengruppe mit Rheumatoider Arthritis wurde bei 98,6 % der Patienten bei Benutzung des Helkimo Indexes von einer CMD gesprochen, während bei Benutzung des Craniomandibulären-Indexes nur 50 % der Patienten eine CMD aufwiesen (da Cunha *et al.*, 2007). Dies stellt ein doppelt so hohes Auftreten von CMD-Patienten bei Gebrauch des Helkimo Index dar. Allerdings bleibt der Helkimo Index einer der am meisten genutzten Indices, wodurch er nicht an Bedeutung verloren hat (Leamari *et al.*, 2019, Rani *et al.*, 2017).

Für zukünftige Studien wäre es sinnvoll einen präoperativen Fragebogen zu verwenden. Dies wurde in der vorliegenden Studie dadurch gelöst, die präoperativen subjektiven Schmerzen mittels Frage 3 zu ermitteln. Bei Frage 3 gaben 21 Patienten (30 %) an, dass sie bereits vor der Operation Schmerzen hatten. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Kerstens *et al.* (1989) überein. Hierbei gaben von 480 Patienten 78 Patienten (16,2 %) präoperative Beschwerden an (Kerstens *et al.*, 1989). Bei allen 21 Patienten wurden die Schmerzen nach der Operation besser, 9 Patienten (12,9%) an, weiterhin Schmerzen zu haben. Dies bedeutet, dass 12 Patienten (17,1 %) postoperativ vollständig schmerzfrei waren und entspricht einer Abnahme von 42,9 %. Bessere Ergebnisse liegen bei Kallela *et al.* (2005) vor. CMD Symptome nahmen von 73 % der Patienten präoperativ zu 48 % der Patienten postoperativ ab (Kallela *et al.*, 2005). Der hohe Anteil von Patienten mit Taubheitsgefühlen im Kinn- und Unterlippenbereich kann dadurch erklärt werden, dass der longitudinale, postoperative Heilungsverlauf hier einmalig und

subjektiv erfragt wird. Für eine genauere Beobachtung des Verlaufs der postoperativen Gefühlsstörung wäre eine klinische Untersuchung zu mehreren, genau definierten Zeitpunkten prä- und postoperativ sinnvoll.

Erfreulicherweise würden sich 60 der 70 Patienten nochmal dem Eingriff unterziehen. Auch gaben 55 Patienten (78,6 %) einen Wert von 8 oder höher bei der Zufriedenheit mit dem funktionellen Ergebnis an. 58 Patienten (82,9 %) gaben einen Wert von 8 oder höher bei der Zufriedenheit mit dem ästhetischen Ergebnis an. Dies deckt sich mit Studien über Lebensqualität nach durchgeführter „Dysgnathiechirurgie“. Sowohl Al-Asfour *et al.* (2018) als auch Miguel *et al.* (2014) fanden heraus, dass die überwiegende Anzahl an Patienten zufrieden mit dem Ergebnis waren und die Lebensqualität durch die „Dysgnathiechirurgie“ verbessert wurde.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde die Kiefergelenkssymptomatik nach bignather Umstellungsosteotomie des Ober- und Unterkiefers und monognather Verlagerung des Unterkiefers anhand der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern, Patientenunterlagen und einem postoperativen Fragebogen untersucht.

Von 01.01.2009 bis 31.12.2017 unterzogen sich 141 Patienten an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Regensburg einer kombinierten Verlagerung des Ober- und Unterkiefers (Le Fort I-Osteotomie + BSSO) oder einer monognathen Verlagerung des Unterkiefers (BSSO). Der Fragebogen nach subjektiven postoperativen Beschwerden wurde von 70 Patienten vollständig ausgefüllt. Das Ausfüllen des Fragebogens erfolgte mindestens 1 bis maximal 10 Jahre nach der Operation. Anhand der Antworten des Fragebogens wurde der anamnestische Dysfunktionsindex nach Helkimo erhoben.

Von 141 Patienten waren 79 Frauen (56%) und 62 Männer (44%). Das Durchschnittsalter betrug 26,5 Jahre, der jüngste Patient war 15,6 Jahre, der älteste 60,7 Jahre alt. Der Abstand zwischen der Operation und der Anfertigung des letzten FRS betrug im Durchschnitt 337 Tage. 67 Patienten (47,5%) wiesen eine Klasse II Dysgnathie auf, 70 Patienten (49,6%) eine Klasse III Dysgnathie. Mittels t-Test für verbundene Stichproben der Zeitpunkte T1 (Präoperatives FRS) und T3 (Verlaufskontroll-FRS) zeigte sich, dass die „Dysgnathieoperation“ keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die horizontale Lage des Caput mandibulae ($p = 0,753$) und auf die vertikale Lage des Caput mandibulae ($p = 0,872$) im FRS hat. Die horizontalen Verlagerungsausmaße des Caput mandibulae waren bei monognathen Eingriffen größer als bei bignathen Eingriffen. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der Position des Caput mandibulae in Abhängigkeit des Geschlechts ($p = 0,869$). Mittels Mann-Whitney-U-Test konnte gezeigt werden, dass die präoperative skelettale Klasse keinen signifikanten Einfluss auf die vertikale ($p = 0,133$) und auf die horizontalen Verlagerungsausmaße ($p = 0,895$) hatte. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Positionsänderung des Caput mandibulae und dem Dysfunktionsindex festgestellt werden ($p=0,390$). Es zeigte sich weiterhin, dass eine moderate positive Korrelation zwischen dem Dysfunktionsindex und dem Alter besteht ($r = 0,67$), allerdings ist diese Korrelation nicht signifikant ($p = 0,579$). Eine ANOVA-Analyse zeigte, dass auch bei den „high-angle“ und „low/no-Angle“ Gruppen kein

signifikanter Unterschied zwischen den Dysfunktionsgraden Ai0, AiI und AiII bestand ($p=0,862$). Mittels Korrelation nach Pearson zeigte sich, dass eine schwach positive, nicht signifikante Korrelation zwischen dem Dysfunktionsindex und der Unterkieferverlagerung in sowohl horizontaler ($r = 0,136$; $p = 0,268$) als auch vertikaler Richtung ($r = 0,118$; $p = 0,338$) bestand.

Die Ergebnisse der vorliegenden Dissertation stimmen mit den bisherigen Ergebnissen aus der Literatur weitgehend überein. Chirurgisch verursachte Positionsänderungen des Caput mandibulae haben keinen Einfluss auf die Kiefergelenkssymptomatik. Weiterer Forschungsbedarf besteht in Form langfristiger, prospektiv angelegter Studien mit standardisierter CMD-Diagnostik zu definierten Zeitpunkten, um sowohl die subjektiven Beschwerden der Patienten präoperativ und im Heilungsverlauf besser abschätzen zu können. Da bei Patienten nach Dysgnathiechirurgie lebenslang Rezidive auftreten können, wäre es für zukünftige, prospektive Studien sinnvoll Fragebögen prä- und postoperativ zu erheben.

6. Literaturverzeichnis

- Abrahamsson, C., Henrikson, T., Nilner, M., Sunzel, B., Bondemark, L. & Ekberg, E. C.** (2013). TMD before and after correction of dentofacial deformities by orthodontic and orthognathic treatment. *Int J Oral Maxillofac Surg* **42**, 752-8.
- Adams, W. M.** (1943). Internal wiring fixation of facial fractures. *Am J Orthod Oral Surg* **29**, B111-B130.
- Agbaje, J. O., Salem, A. S., Lambrichts, I., Jacobs, R. & Politis, C.** (2015). Systematic review of the incidence of inferior alveolar nerve injury in bilateral sagittal split osteotomy and the assessment of neurosensory disturbances. *Int J Oral Maxillofac Surg* **44**, 447-51.
- Ahlers, M. O., Jakstat, H. A., Bingel, U., Büchel, C., Danner, H.-W., Freesmeyer, W. B., Gundlach, K., Hugger, A., Kopp, S., Kordaß, B., Lamparter, U., May, A., Nickel, R., Peroz, I., Sadjiroen, A., Sander, M. & Türp, J. C.** (2011). *Klinische Funktionsanalyse - Manuelle Strukturanalyse - Interdisziplinäre Diagnostik*. dentaConcept Verlag GmbH, Hamburg.
- Al-Asfour, A., Waheedi, M. & Koshy, S.** (2018). Survey of patient experiences of orthognathic surgery: health-related quality of life and satisfaction. *Int J Oral Maxillofac Surg* **47**, 726-731.
- Al-Moraissi, E. A., Wolford, L. M., Perez, D., Laskin, D. M. & Ellis, E., 3rd** (2017). Does Orthognathic Surgery Cause or Cure Temporomandibular Disorders? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Oral Maxillofac Surg* **75**, 1835-1847.
- Alhammadi, M. S., Halboub, E., Fayed, M. S., Labib, A. & El-Saaidi, C.** (2018). Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental Press J Orthod* **23**, 40.e1-10.
- Angle, E. H.** (1899). Classification of Malocclusion. *Dental Cosmos Philadelphia* **41**, 248-264.
- Antonarakis, G. S., Kalberer, N., Courvoisier, D. S. & Scolozzi, P.** (2017). Clinical predictive factors for temporomandibular disorders following combined orthodontic and orthognathic surgical treatment in patients with Class III malocclusion. *Cranio* **35**, 397-404.

Arnett, G. W. & Gunson, M. J. (2010). Esthetic treatment planning for orthognathic surgery. *J Clin Orthod* **44**, 196-200.

Axhausen, G. (1934). Zur Behandlung veralteter disloziert geheilter Oberkieferbrüche. *Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde* **1**, 334-339.

Bamber, M., Abang, Z., Ng, W., Harris, M. & Linney, A. (1999). The effect of posture and anesthesia on the occlusal relationship in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* **57**, 1164-1172.

Becker, C. M., Kaiser, D. A. & Schwalm, C. (2000). Mandibular centricity: centric relation. *J Prosthet Dent* **83**, 158-60.

Bell, W. H. (1980). *Surgical Correction Of Dentofacial Deformities*. Saunders: Philadelphia.

Bénateau, H., Chatellier, A., Leprovost, N., Ghezal, S., Compère, J. F. & Veyssiére, A. (2014). [Condylar positioning during mandibular orthognathic surgery]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale* **115**, 245-249.

Berger, P. (1897). Du traitement chirurgical du prognathisme. In *Med. Thèse*: Lyon.

Blair, V. P. (1906). Report of a case of double resection for the correction of protrusion of the mandible. *Dental Cosmos Philadelphia* **48**, 817-820.

Blair, V. P. (1907). Operations on the Jaw-bone and Face. *Surg Gynecol Obstet* **4**, 67.

Blarcom van, C. W. (1994). Glossary of Prosthodontics. *J Prosthet Dent* **71**, 43-112.

Bockmann, R., Meyns, J., Dik, E. & Kessler, P. (2014). The modifications of the sagittal ramus split osteotomy: a literature review. *Plast Reconstr Surg Glob Open* **2**, e271.

Borstlap, W. A., Stoelinga, P. J., Hoppenreijns, T. J. & van't Hof, M. A. (2004). Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective, multicentre study with two-year follow-up. Part I. Clinical parameters. *Int J Oral Maxillofac Surg* **33**, 433-41.

Boucher, L. & Jacoby, J. (1961). Posterior border movements of the human mandible. *J Prosthet Dent* **11**, 836 - 841.

Breul, R. & Breul, R. (2011). Anatomie des Kiefergelenks als Teil des kraniomandibulären Systems. *Deutsche Zeitschrift für Osteopathie* **9**, 9-14.

Brown, T. (1975). Mandibular movements. *Monogr Oral Sci* **4**, 126-150.

Bueno, C. H., Pereira, D. D., Pattussi, M. P., Grossi, P. K. & Grossi, M. L. (2018). Gender differences in temporomandibular disorders in adult populational studies: A systematic review and meta-analysis. *J Oral Rehabil* **45**, 720-729.

Bumann, A. & Lotzmann, U. (2000). *Band 12 Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien*.

Burakoff, R. P. & Kaplan, A. S. (1993). Temporomandibular disorders: current concepts of epidemiology, classification, and treatment. *J Pain Symptom Manage* **8**, 165-72.

Burstone, C. J., James, R. B., Legan, H., Murphy, G. A. & Norton, L. A. (1978). Cephalometrics for orthognathic surgery. *J Oral Surg* **36**, 269-77.

Campbell, C. M. & Edwards, R. R. (2012). Ethnic differences in pain and pain management. *Pain Manag* **2**, 219-230.

Chen, S., Lei, J., Wang, X., Fu, K. Y., Farzad, P. & Yi, B. (2013). Short- and long-term changes of condylar position after bilateral sagittal split ramus osteotomy for mandibular advancement in combination with Le Fort I osteotomy evaluated by cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* **71**, 1956-66.

Converse, J. M. & Horowitz, S. L. (1969). The surgical-orthodontic approach to the treatment of dentofacial deformities. *Am J Orthod* **55**, 217-43.

Costa, F., Robiony, M., Toro, C., Sembronio, S., Polini, F. & Politi, M. (2008). Condylar positioning devices for orthognathic surgery: a literature review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **106**, 179-90.

Crawford, J. G., Stoelinga, P. J., Blijdorp, P. A. & Brouns, J. J. (1994). Stability after reoperation for progressive condylar resorption after orthognathic surgery: report of seven cases. *J Oral Maxillofac Surg* **52**, 460-6.

Csaszar, G. R. & Niederdellmann, H. (2000). Reliability of bimaxillary surgical planning with the 3-D orthognathic surgery simulator. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* **15**, 51-8.

da Cunha, S. C., Nogueira, R. V., Duarte, A. P., Vasconcelos, B. C. & Almeida Rde, A. (2007). Analysis of helkimo and craniomandibular indexes for temporomandibular disorder diagnosis on rheumatoid arthritis patients. *Braz J Otorhinolaryngol* **73**, 19-26.

Dal Pont, G. (1959). Retromolar osteotomy for the correction of prognathism. *Minerva Chirurgica* **14**, 1138-1141.

Dawson, P. E. (1995). New definition for relating occlusion to varying conditions of the temporomandibular joint. *J Prosthet Dent* **74**, 619-627.

De Clercq, C. A., Abeloos, J. S., Mommaerts, M. Y. & Neyt, L. F. (1995). Temporomandibular joint symptoms in an orthognathic surgery population. *J Craniomaxillofac Surg* **23**, 195-9.

Dervis, E. & Tuncer, E. (2002). Long-term evaluations of temporomandibular disorders in patients undergoing orthognathic surgery compared with a control group. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **94**, 554-60.

Dijkgraaf, L. C., de Bont, L. G., Boering, G. & Liem, R. S. B. (1996). Structure of the Normal Synovial Membrane of the Temporomandibular Joint: A Review of the Literature. *J Oral Maxillofac Surg* **54**, 332-338.

Drommer, R. B. (1986). The history of the "Le Fort I osteotomy". *J Maxillofac Surg* **14**, 119-22.

Dujoncquoy, J. P., Ferri, J., Raoul, G. & Kleinheinz, J. (2010). Temporomandibular joint dysfunction and orthognathic surgery: a retrospective study. *Head Face Med* **6**, 27.

Egermark, I., Blomqvist, J. E., Cromvik, U. & Isaksson, S. (2000). Temporomandibular dysfunction in patients treated with orthodontics in combination with orthognathic surgery. *Eur J Orthod* **22**, 537-44.

Ellis, E., 3rd (1994). Condylar positioning devices for orthognathic surgery: are they necessary? *J Oral Maxillofac Surg* **52**, 536-52; discussion 552-4.

Ellis, E., 3rd & Hinton, R. J. (1991). Histologic examination of the temporomandibular joint after mandibular advancement with and without rigid fixation: an experimental investigation in adult *Macaca mulatta*. *J Oral Maxillofac Surg* **49**.

Epker, B. N. (1977). Modifications in the sagittal osteotomy of the mandible. *J Oral Surg* **35**, 157-159.

Fanghänel, J. & Gedrange, T. (2007). On the development, morphology and function of the temporomandibular joint in the light of the orofacial system. *Ann Anat.* **189**, 314-319.

Farella, M., Michelotti, A., Bocchino, T., Cimino, R., Laino, A. & Steenks, M. H. (2007). Effects of orthognathic surgery for class III malocclusion on signs and symptoms of temporomandibular disorders and on pressure pain thresholds of the jaw muscles. *Int J Oral Maxillofac Surg* **36**, 583-7.

Farronato, G., Garagiola, U., Carletti, V., Cressoni, P. & Mortellaro, C. (2011). Postsurgical Orthodontic Treatment Planning: a Case Report with 20 Years Follow-up. *J Oral Maxillofac Res* **2**, e4.

Fernandez, C. C. A., Pereira, C., Luiz, R. R., Vieira, A. R. & De Castro Costa, M. (2018). Dental anomalies in different growth and skeletal malocclusion patterns. *Angle Orthod* **88**, 195-201.

Fillingim, R. B. (2000). Sex, gender, and pain: women and men really are different. *Curr Rev Pain* **4**, 24-30.

Firoozei, G., Shahnaseri, S., Momeni, H. & Soltani, P. (2017). Evaluation of orthognathic surgery on articular disc position and temporomandibular joint symptoms in skeletal class II patients: A Magnetic Resonance Imaging study. *J Clin Exp Dent* **9**, e976-e980.

Freihofer, H. P., Jr. & Petresevic, D. (1975). Late results after advancing the mandible by sagittal splitting of the rami. *J Maxillofac Surg* **3**, 250-7.

Friction, J. R. & Schiffman, E. L. (1987). The craniomandibular index: validity. *J Prosthet Dent* **58**, 222-8.

Gerressen, M., Stockbrink, G., Smeets, R., Riediger, D. & Ghassemi, A. (2007). Skeletal stability following bilateral sagittal split osteotomy (BSSO) with and without condylar positioning device. *J Oral Maxillofac Surg* **65**, 1297-1302.

Gerressen, M., Zadeh, M. D., Stockbrink, G., Riediger, D. & Ghassemi, A. (2006). The functional long-term results after bilateral sagittal split osteotomy (BSSO) with and without a condylar positioning device. *J Oral Maxillofac Surg* **64**, 1624-1630.

Griffin, C. J. & Sharpe, C. J. (1962). Distribution of elastic tissue in the human temporomandibular meniscus especially in respect to “compression” areas. *Australian Dental Journal* **7**, 72-78.

Hackney, F., Van Sickels, J. & Nummikoski, P. (1989). Condylar displacement and temporomandibular joint dysfunction following bilateral sagittal split osteotomy and rigid fixation. *J Oral Maxillofac Surg* **47**, 223-227.

Hausamen, J.-E., Machtens, E., Reuther, J. F., Eufinger, H., Kübler, A. & Schliephake, H. (2012a). *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - Kapitel 9: Spezielle Traumatologie*. Springer: Berlin, Heidelberg.

Hausamen, J.-E., Machtens, E., Reuther, J. F., Eufinger, H., Kübler, A. & Schliephake, H. (2012b). *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - Kapitel 13: Orthopädische Chirurgie des Mittelgesichtsschädels*. Springer: Berlin, Heidelberg.

Helkimo, M. (1974a). Studies on function and dysfunction of the masticatory system. 3. Analyses of anamnestic and clinical recordings of dysfunction with the aid of indices. *Sven Tandlak Tidskr* **67**, 165-81.

Helkimo, M. (1974b). Studies on function and dysfunction of the masticatory system. I. An epidemiological investigation of symptoms of dysfunction in Lapps in the north of Finland. *Proc Finn Dent Soc* **70**, 37-49.

Helkimo, M. (1974c). Studies on function and dysfunction of the masticatory system. II. Index for anamnestic and clinical dysfunction and occlusal state. *Sven Tandlak Tidskr* **67**, 101-21.

Helkimo, M. (1974d). Studies on function and dysfunction of the masticatory system. IV. Age and sex distribution of symptoms of dysfunction of the masticatory system in Lapps in the north of Finland. *Acta Odontol Scand* **32**, 255-67.

Helm, G. & Stepke, M. T. (1997). Maintenance of the preoperative condyle position in orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg* **25**, 34-38.

Herbosa, E. G., Rotskoff, K. S., Ramos, B. F. & Ambrookian, H. S. (1990). Condylar position in superior maxillary repositioning and its effect on the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg* **48**, 690-696.

Hoffmeister, B. (2007). Chirurgie der Dysgnathie. In *Praxis der Zahnheilkunde* (ed. H.-H. Horch), pp. 554-608: München.

Hofrath, H. (1931). Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. *Fortschr Kieferorthop* **1**, 232-258.

Hoppenreijns, T. J., Freihofer, H. P., Stoelinga, P. J., Tuinzing, D. B. & van't Hof, M. A. (1998). Condylar remodelling and resorption after Le Fort I and bimaxillary osteotomies in patients with anterior open bite. A clinical and radiological study. *Int J Oral Maxillofac Surg* **27**, 81-91.

Hullihen, S. (1849). Case of elongation of the under jaw, and distortion of the face and neck, caused by a burn, successfully treated. *Am J Dent Sci* **9**, 1-12.

Hunsuck, E. E. (1968). A modified intraoral sagittal splitting technic for correction of mandibular prognathism. *J Oral Surg* **26**, 250-253.

Image Instruments GmbH (2007). OnyxCephTM Software Manual Version 2.7. Image Instruments GmbH.

Joshi, N., Hamdan, A. M. & Fakhouri, W. D. (2014). Skeletal Malocclusion: A Developmental Disorder With a Life-Long Morbidity. *J Clin Med Res* **6**, 399-408.

Jung, H.-D., Kim, S. Y., Park, H.-S. & Jung, Y.-S. (2015). Orthognathic surgery and temporomandibular joint symptoms. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* **37**.

Kahl-Nieke, B. (2010). *Einführung in die Kieferorthopädie*. Deutscher Zahnärzte Verlag.

Kallela, I., Laine, P., Suuronen, R., Lindqvist, C. & Iizuka, T. (2005). Assessment of material- and technique-related complications following sagittal split osteotomies stabilized by biodegradable polylactide screws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **99**, 4-10.

Karabouta, I. & Martis, C. (1985). The TMJ dysfunction syndrome before and after sagittal split osteotomy of the rami. *J Maxillofac Surg* **13**, 185-8.

Kerstens, H. C., Tuinzing, D. B. & van der Kwast, W. A. (1989). Temporomandibular joint symptoms in orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg* **17**, 215-8.

King, T. L. & McCool, W. F. (2004). The definition and assessment of pain. *J Midwifery Womens Health* **49**, 471-472.

Krenkel, C. & Lixl, G. (1991). [Model surgical apparatus for planning and simulation of maxillary and mandibular osteotomies]. *Zahnarztl Prax* **42**, 471-3.

Krohn, S., Gersdorff, N., Wassmann, T., Merboldt, K. D., Joseph, A. A., Buergers, R. & Frahm, J. (2016). Real-time MRI of the temporomandibular joint at 15 frames per second - A feasibility study. *Eur J Radiol* **85**, 2225-2230.

Kumar, V., Ludlow, J., Soares Cividanes, L. H. & Mol, A. (2008). In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthod* **78**, 873-879.

Le Fort, R. (1901). Étude expérimental sur les fractures de la mâchoire supérieure, Parts I, II, III. *Rev Chir Paris* **23**, 19.

Leamari, V. M., Rodrigues, A. F., Camino Junior, R. & Luz, J. G. C. (2019). Correlations between the Helkimo indices and the maximal mandibular excursion capacities of patients with temporomandibular joint disorders. *J Bodyw Mov Ther* **23**, 148-152.

Lee, C. Y., Jang, C. S., Kim, J. W., Kim, J. Y. & Yang, B. E. (2013). Condylar repositioning using centric relation bite in bimaxillary surgery. *Korean J Orthod* **43**, 74-82.

Lim, P. F., Smith, S., Bhalang, K., Slade, G. D. & Maixner, W. (2010). Development of temporomandibular disorders is associated with greater bodily pain experience. *Clin J Pain* **26**, 116-120.

Lin, H. H. & Lo, L. J. (2015). Three-dimensional computer-assisted surgical simulation and intraoperative navigation in orthognathic surgery: a literature review. *J Formos Med Assoc* **114**, 300-7.

Lindorf, H. (1977). Surgical-cephalometric bite reconstruction (double splint method). *Dtsch Zahnarztl Z* **32**, 1.

Lotzmann, U. (1999). *Studien zum Einfluß der okklusalen Prä-Therapie auf die zentrische Kieferrelation*. Quintessenz-Verlag.

Luhr, H. G., Kubein-Meesenburg, D. & Schwestka-Polly, R. (1991). Bedeutung und Technik der kiefergelenkpositionierung bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers. *Fortschr Kieferorthop* **52**, 66-72.

Magnusson, T., Ahlborg, G., Finne, K., Nethander, G. & Svartz, K. (1986). Changes in temporomandibular joint pain-dysfunction after surgical correction of dentofacial anomalies. *Int J Oral Maxillofac Surg* **15**, 707-14.

McMillen, L. B. (1972). Border movements of the human mandible. *J Prosthet Dent* **27**, 524-532.

Mendez-Manjon, I., Guijarro-Martinez, R., Valls-Ontanon, A. & Hernandez-Alfaro, F. (2016). Early changes in condylar position after mandibular advancement: a three-dimensional analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* **45**, 787-92.

Miguel, J. A., Palomares, N. B. & Feu, D. (2014). Life-quality of orthognathic surgery patients: the search for an integral diagnosis. *Dental Press J Orthod* **19**, 123-37.

Moore, K. E., Gooris, P. J. & Stoelinga, P. J. (1991). The contributing role of condylar resorption to skeletal relapse following mandibular advancement surgery: report of five cases. *J Oral Maxillofac Surg* **49**, 448-60.

Nunan, D., Aronson, J. & Bankhead, C. (2018). Catalogue of bias: attrition bias. *BMJ Evid Based Med* **23**, 21-22.

O’Ryan, F. & Epker, B. N. (1983). Surgical orthodontics and the temporomandibular joint: I. Superior repositioning of the maxilla. *Am J Orthod* **83**, 408-417.

Obrez, A. & Türp, J. C. (1998). The Temporomandibular Joint. In *Dental Anthropology* (ed. K. W. Alt, F. W. Rösing and M. Teschler-Nicola). Springer: Vienna.

Onizawa, K., Schmelzeisen, R. & Vogt, S. (1995). Alteration of temporomandibular joint symptoms after orthognathic surgery: comparison with healthy volunteers. *J Oral Maxillofac Surg* **53**, 117-21; discussion 122-3.

Osborn, J. W. (1985). The disc of the human temporomandibular joint: design, function and failure. *J Oral Rehabil* **12**, 279-293.

Pahkala, R. & Heino, J. (2004). Effects of sagittal split ramus osteotomy on temporomandibular disorders in seventy-two patients. *Acta Odontol Scand* **62**, 238-44.

Panchal, N., Ellis, C. & Tiwana, P. (2017). Stability and Relapse in Orthognathic Surgery. *Selected Readings in Oral and Maxillofacial Surgery* **24**.

Panula, K., Somppi, M., Finne, K. & Oikarinen, K. (2000). Effects of orthognathic surgery on temporomandibular joint dysfunction. A controlled prospective 4-year follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Surg* **29**, 183-7.

Pittayapat, P., Limchaichana-Bolstad, N., Willems, G. & Jacobs, R. (2014). Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* **17**, 69-91.

Posselt, U. (1952). Studies in the Mobility of the Human Mandible. *Acta Odontol Scand* **10**.

Proffit, W. R., Fields, H. W. & Sarver, D. M. (2013). *Contemporary Orthodontics*. Elsevier: St. Louis, Mo.

Radin, E. L. & Paul, I. L. (1971). Response of joints to impact loading. I. In vitro wear. *Arthritis Rheum* **14**, 356-362.

Rani, S., Pawah, S., Gola, S. & Bakshi, M. (2017). Analysis of Helkimo index for temporomandibular disorder diagnosis in the dental students of Faridabad city: A cross-sectional study. *J Indian Prosthodont Soc* **17**, 48-52.

Reuther, J. (2000). [Orthognathic surgery: corrective bone operations]. *Mund Kiefer Gesichtschir* **4 Suppl 1**, S237-48.

Rohlin, M., Westesson, P. L. & Eriksson, L. (1985). The correlation of temporomandibular joint sounds with joint morphology in fifty-five autopsy specimens. *J Oral Maxillofac Surg* **43**, 194-200.

Roser, M., Cornelius, C. P., Gehrke, G., Ehrenfeld, M. & Mast, G. (2011). Osteotomien im Gesichtsskelett - Basis der orthognathen Chirurgie: Befunderhebung, präoperative Planung und individuelle Realisation bei Korrekturoperationen von Kiefer- und Gesichtsdeformitäten. *OP-Journal* **27**, 200-221.

Rotskoff, K. S., Herbosa, E. G. & Villa, P. (1991). Maintenance of condyle-proximal segment position in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* **49**, 2-7; discussion 7-8.

Sander, F. G., N., S. & Ehrenfeld, M. (2011). *Kieferorthopädie*. Georg Thieme Verlag.

Savoldelli, C., Chamorey, E. & Bettega, G. (2018). Computer-assisted teaching of bilateral sagittal split osteotomy: Learning curve for condylar positioning. *PLoS One* **13**, e0196136.

Schmolke, C. (1994). The relationship between the temporomandibular joint capsule, articular disc and jaw muscles. *J Anat* **184**, 335-345.

Schwenzer, N. & Ehrenfeld, M. (2002). *Spezielle Chirurgie*. Georg Thieme Verlag.

Schwenzer, N. & Ehrenfeld, M. (2011). *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*. Georg Thieme Verlag.

Scolozzi, P., Wandeler, P. A. & Courvoisier, D. S. (2015). Can clinical factors predict postoperative temporomandibular disorders in orthognathic patients? A retrospective study of 219 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* **119**, 531-8.

Scrivani, S. J., Keith, D. A. & Kaban, L. B. (2008). Temporomandibular disorders. *N Engl J Med* **359**, 2693-705.

Shaefer, J. R., Khawaja, S. N. & Bavia, P. F. (2018). Sex, Gender, and Orofacial Pain. *Dent Clin North Am* **62**, 665-682.

Shokri, A., Khajeh, S. & Khavid, A. (2014). Evaluation of the accuracy of linear measurements on lateral cephalograms obtained from cone-beam computed tomography scans with digital lateral cephalometric radiography: an in vitro study. *J Craniofac Surg* **25**, 1710-1713.

Smith, V., Williams, B. & Stapleford, R. (1992). Rigid internal fixation and the effects on the temporomandibular joint and masticatory system: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **102**, 491-500.

Solberg, W. K., Hansson, T. L. & Nordstrom, B. (1985). The temporomandibular joint in young adults at autopsy: a morphologic classification and evaluation. *J Oral Rehabil* **12**, 303-21.

Somsiri, S. T. (1987). [A double-splint procedure in preparation for simultaneous surgical correction of the position of the maxilla and mandible]. *Fortschr Kieferorthop* **48**, 59-65.

Sostmann, M., Meyer, J. & Berten, J. L. (1991). [TMJ-function following orthognathic surgery]. *Dtsch Stomatol* **41**, 487-489.

Spitzer, W., Rettinger, G. & Sitzmann, F. (1984). Computerized tomography examination for the detection of positional changes in the temporomandibular joint after ramus osteotomies with screw fixation. *J Maxillofac Surg* **12**, 139-142.

Steinhäuser, E. W. (1996). Historical development of orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg* **24**, 195-204.

Steinhäuser, E. W. (2003). [Retrospective view of the development of malocclusion surgery and prospects]. *Mund Kiefer Gesichtschir* **7**, 371-9.

Trauner, R. & Obwegeser, H. L. (1955). Zur Operationstechnik bei der Progenie und anderen Unterkieferanomalien. *Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde* **23**, 1-26.

Ueki, K., Marukawa, K., Nakagawa, K. & Yamamoto, E. (2002). Condylar and temporomandibular joint disc positions after mandibular osteotomy for prognathism. *J Oral Maxillofac Surg* **60**, 1424-32; discussion 1432-4.

Ueki, K., Moroi, A., Sotobori, M., Ishihara, Y., Marukawa, K., Takatsuka, S., Yoshizawa, K., Kato, K. & Kawashiri, S. (2012). A hypothesis on the desired postoperative position of the condyle in orthognathic surgery: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* **114**, 567-76.

Vale, F., Francisco, I., Scherzberg, J., Guimaraes, A., Caramelo, F. & Malo, L. (2018). Condylar response to large mandibular advancement combined with maxillary impaction and counterclockwise rotation: A computed tomographic study. *J Clin Exp Dent* **10**, e891-e901.

van der Weele, L. T. & Dibbets, J. M. (1987). Helkimo's index: a scale or just a set of symptoms? *J Oral Rehabil* **14**, 229-37.

Von Korff, M., Le Resche, L. & Dworkin, S. F. (1993). First onset of common pain symptoms: a prospective study of depression as a risk factor. *Pain* **55**, 251-258.

Wassmund, M. (1927). *Frakturen und Luxationen des Gesichtsschädels unter besonderer Berücksichtigung der Komplikationen des Hirnschädels*. Meusser: Leipzig.

Wassmund, M. (1935). *Lehrbuch der praktischen Chirurgie des Mundes und der Kiefer Bd. 1*. Meusser: Leipzig.

Weber, T. (2016). *Memorix Zahnmedizin*. Georg Thieme Verlag KG: Stuttgart.

Westermark, A., Shayeghi, F. & Thor, A. (2001). Temporomandibular dysfunction in 1,516 patients before and after orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* **16**, 145-51.

Whipple, J. W. (1898). Double resection of the inferior maxilla for protruding lower jaw. *Dental Cosmos Philadelphia* **40**.

Wirthlin, J. O. & Shetye, P. R. (2013). Orthodontist's Role in Orthognathic Surgery. *Semin Plast Surg* **27**, 137-44.

Wolford, L. M., Reiche-Fischel, O. & Mehra, P. (2003). Changes in temporomandibular joint dysfunction after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* **61**, 655-660.

Yoon, S. Y., Song, J. M., Kim, Y. D., Chung, I. K. & Shin, S. H. (2015). Clinical changes of TMD and condyle stability after two jaw surgery with and without preceding TMD treatments in class III patients. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* **37**, 9.

7. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herr Prof. Dr. Dr. T. Ettl, Stellvertretender Klinikdirektor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Regensburg, für das Vertrauen beim Bearbeiten dieser interessanten Studie, die intensive Betreuung sowie das Anfertigen des Erstgutachtens.

Bei Herr Prof. Dr. Dr. T. Reichert, Klinikdirektor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Regensburg, für das ermöglichen einer Dissertation und die guten Voraussetzungen in seiner Abteilung.

Bei Herr Prof. Dr. Dr. P. Proff, Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Regensburg, bedanke ich mich ganz herzlich für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Bei Frau Dr. W. Waiss, Oberärztin der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Regensburg, bedanke ich mich ganz herzlich für die intensive Betreuung und hilfsbereite Unterstützung während der Erhebung der Daten und des Schreibens dieser Dissertation.

Bei Herrn Zeman bedanke ich mich für die Unterstützung bei der statistischen Analyse.

Für persönliche und fachliche Unterstützung in allen Lagen möchte ich mich besonders bei meinem Vater, meiner Mutter und meiner Schwägerin Maria bedanken.

Zuletzt möchte ich mich von ganzem Herzen bei meinem Ehemann Konstantin für die große Unterstützung beim Fertigstellen dieser Arbeit bedanken.

8. Anhang

Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
Doktorvater: Prof. Dr. Dr. Ettl
Doktorand: Julia-Frederike Erbe



Fragebogen

- | | Ja | Nein |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) Würden Sie sich dem Eingriff nochmals unterziehen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) Wurden Sie vor der Behandlung ausreichend aufgeklärt? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) Hatten Sie vor der Operation Schmerzen?
Wenn ja | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ... A) Sind die Schmerzen nach der Operation besser geworden? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ... B) Haben Sie jetzt immer noch Schmerzen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ... C) Wo waren die Schmerzen vor der Operation? | | |
| ... D) Wo sind sie jetzt lokalisiert?
<input type="checkbox"/> Kiefergelenk <input type="checkbox"/> Kaumuskulatur | | |
| Andere Lokalisation: | | |

-
- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 4) Geht Ihr Mund immer noch so weit auf wie vor der OP? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) Merken Sie im Laufe des Tages, dass es anstrengender wird Ihren Mund zu öffnen und zu schließen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) Nehmen Sie ein Knacken in Ihrem Kiefergelenk beim Kauen wahr? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) Hat sich Ihr Biss durch die Operation geändert?
Wenn ja | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| A) Ist der Biss besser oder schlechter? (Nicht zutreffendes bitte streichen) | | |

Haben oder hatten Sie nach der Operation:

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 8) Eine bleibende Schwellung? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9) Schmerzen im Kiefergelenk? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10) Schmerzen bei Druck auf die Gesichts- und Kiefermuskulatur? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11) Eine Luxation des Kiefergelenkes? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12) Nach dem Aufwachen oder bei Bewegungen des Unterkiefers Verspannungen in der Kiefergelenksregion? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13) Ein Taubheitsgefühl am Kinn? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14) Eine Gefühlsstörung an der Unterlippe?
Wenn ja | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| A) Ist Ihre linke Unterlippe...
.... komplett taub | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| pelzig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| kribbelnd | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| B) Ist Ihre rechte Unterlippe...
.... komplett taub | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| pelzig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| kribbelnd | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 15) Wie zufrieden sind Sie mit dem funktionellen Ergebnis? (1 = schlecht, 10 = sehr gut)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- 16) Wie zufrieden sind Sie mit dem ästhetischen Ergebnis? (1 = schlecht, 10 = sehr gut)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Abbildung 21: Patientenfragebogen