

Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund und Kieferheilkunde
der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie



**Ein histomorphometrischer und klinisch-radiologischer Vergleich
von bovinem Biomaterial und autologer Beckenspongiosa zur
Überbrückung von LeFort I-Osteotomiespalten in der
Dysgnathiechirurgie**

INAUGURAL – DISSERTATION
zur
Erlangung des Zahnmedizinischen Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg i. Br.

vorgelegt 2013
von Bassem Bayazeed
geboren in Kairo

Dekan:	Prof. Dr.med. Dr. h.c. mult. Hubert E. Blum
1. Gutachter:	PD Dr. med. Dr. med. dent. Sebastian Sauerbier
2. Gutachter:	PD. Dr. med. dent. Olga Polydorou
Jahr der Promotion:	2013

Für meinen Vater
Prof. Dr. Ahmed Adel Bayazeed
(1949-1999)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	
1.1	Einführung	1
1.2	Entwicklung der Dysgnathiechirurgie	1
1.2.1	Die LeFort I Osteotomie	2
1.2.2	Sagittale Spaltung des Unterkiefers und bimaxilläre Eingriffe	3
1.3	Komplikationen und postoperative Stabilität	4
1.4	Knochenaugmentation in LeFort I Osteotomien	5
1.5	Fernröntgenseitenaufnahmen	6
1.5.1	Kephalometrische Analyse	7
1.6	Bio-Oss®	7
1.7	Zielsetzung	8
2	Patienten und Methoden	9
2.1	Patientengut	9
2.2	Planung und Vorbereitung der OP	10
2.2.1	Kieferorthopädische Vorbereitung	10
2.2.2	Röntgen-Bilder: Orthopantomogramm (OPG) und Fernröntgenseitenaufnahme	10
2.2.3	Situationsmodelle	11
2.2.4	Splint-Anfertigung im zahntechnischen Labor	11
2.2.5	Fotoaufnahmen	12
2.3	Operatives Vorgehen	13
2.4	Postoperativer Verlauf	16
2.5	Metallentfernung	16
2.5.1	Trepanbohrung	17
2.6	Histomorphometrische Knochenuntersuchung und Aufbereitung der Knochenbiopsien	18
2.6.1	Fixierung	18
2.6.2	Entwässerung	18
2.6.3	Entfettung	18
2.6.4	Polymerisierung	18
2.6.4	Herstellung von Dünnschnitten	19
2.6.5	Färbung der Dünnschnitte	19
2.7	Kephalometrische Analyse	20
2.7.1	Referenzpunkte	21
2.7.2	Referenzebenen	22
2.7.3	Referenzwinkel	22
2.8	Begleitoperationen	23
2.9	Patientenbefragung	23
3	Ergebnisse	24
3.1	Patienten, Geschlechts- und Altersverteilung	24
3.2	Pubmed-MedLine-Recherche	25
3.3	Komplikationen	27
3.4	Auswertung der FRS-Messungen	27
3.5	Histologische Auswertung	32
3.6	Patientenzufriedenheit	36
4	Diskussion	38
4.1	Indikationen der LeFort I Osteotomie	38
4.2	Standardisierung des Verfahrens	38

4.3	Vermeidung von Morbidität	39
4.4	Auswahl von Bio-Oss als Ersatzmaterial	39
4.5	Vergleichsstudien mit anderem xenogenen Knochenersatzmaterial	39
4.6	Vergleichsstudien mit autologem Beckenknochen in LeFort I Osteotomien	41
4.7	Patientenverteilung und Zufriedenheit	42
4.8	Postoperative Stabilität	43
4.9	Methodische Fehler	45
5	Schlussfolgerung	46
6	Zusammenfassung	47
7	Literaturverzeichnis	48
8	Tabellen und Abbildungen	57
9	Lebenslauf	64
10	Danksagung	65

1 Einleitung

1.1 Einführung

Unter Dysgnathie versteht man die physiologische Fehlstellung und Abweichung von der Normlage einer oder beider Kiefer zur Schädelbasis und zueinander. Eine regelrechte Verzahnung nach Definition ist dadurch nicht gegeben. Man unterscheidet grundsätzlich dentoalveoläre und skelettale Dysgnathien. Die Ursachen sind unterschiedlich. So können die Dysgnathien durch Wachstumsstörung vor oder nach der Geburt entstehen oder durch Traumata im Wachstumsstadium und Kieferfrakturen erworben sein.

Die Umstellungsosteotomie zur Korrektur der Kieferfehlstellung gehört heutzutage zu den routinen Standardeingriffen der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Bill et al., 2006).

Bei den Umstellungseingriffen entstehen unterschiedlich große Knochentrümmern zwischen den Kiefersegmenten. Bei größeren Lücken werden diese mit Ersatzknochen aufgefüllt (Kuvat et al., 2009).

Unter den verschiedenen Knochenersatzmaterialien, die bei Dysgnathiechirurgien Anwendung finden, gilt das Beckenspantransplantat noch als Standard (Dinopoulos et al., 2012). Dies ist jedoch mit den Nachteilen der Morbidität einer zweiten operativen Stelle verbunden, die sich u.a. als Hämatome, Schwellungen, Gehbeschwerden, Schmerzen und Sensibilitätsstörungen manifestieren.

Um die Nachteile der Donor-Stelle zu umgehen, wurde mit Erfolg alloplastisches Knochenersatzmaterial in Form von korallinem Hydroxyapatit und boviner Knochenersatz eingesetzt (Cottrell and Wolford, 1998; Kent et al., 1986; Rosen, 1989; Rosen and Ackerman, 1991).

1.2 Entwicklung der Dysgnathiechirurgie

Den heutigen Operationstechniken der Dysgnathie gehen viele verschiedene Methoden, Versuche und Ansätze voraus, die sich ab dem vorletzten Jahrhundert entwickelten. Ein erster Bericht über die Korrektur eines durch Narbenzug verursachten offenen Bisses stammt von Hüllihen aus dem Jahr 1849 (Aziz, 2004).

Zunächst wurden die Umstellungsosteotomien in einem Kiefer isoliert durchgeführt, bis man sich nach Jahrzehnten bimaxillären Eingriffen zutraute.

Durch die anfänglich hohe Komplikationsrate, insbesondere kam es zu Nervläsionen im Unterkiefer, hat man die Osteotomie vom horizontalen Unterkieferast nach und nach auf den aufsteigenden Unterkieferast verlagert. Die Osteotomie im aufsteigenden Kieferast zeigte sich darauf komplikationsärmer, so dass diese Technik sich einen Entwicklungsweg bahnte. Die Osteotomie erfolgte hier sowohl horizontal als auch vertikal oder stufenförmig. Die Vorreiter dieser Operationstechniken waren Limberg (1925), Caldwell und Lettermann (1954), Obwegeser (1957) und Dal Pont (1959) (Steinhauser, 1996).

Erst nach gehäuften Rezidivraten kamen die Chirurgen Wassmund 1935 und Schuchardt 1955 auf die Idee Osteotomien in beiden Kiefern gleichzeitig durchzuführen (Joos U., das offene, universitäre Medizin-Lexikon).

1.2.1 Die LeFort I Osteotomie

Bernhard von Langenbeck aus Berlin war es, der die erste LeFort I Osteotomie 1859 durchgeführt hat (Langenbeck, B. V.: Beiträge zur Osteoplastik - die osteoplastische Resektion des Oberkiefers. In: Göschen, A. Deutsche Klinik, Reimer Berlin 1859).

Wenige Jahre später entfernte Cheever 1867 einen nasopharyngealen Tumor durch eine Oberkieferosteotomie mit der ersten totalen maxillären Downfracture-Methode (Moloney and Worthington, 1981).

Zwischen den beiden Weltkriegen führte Wassmund mehrere dysgnathische Korrekturingriffe mit Oberkieferosteotomien, jedoch ohne totale Mobilisation des Oberkiefers durch. Durch elastische Gummizüge verbesserte er postoperativ die Fehlstellung des Kiefers. Nach geringer Modifizierung der Technik beschrieb er 1927 die subtotale Mobilisation nach totaler Oberkieferosteotomie (Wassmund, M.: Lehrbuch der praktischen Chirurgie des Mundes und der Kiefer, 1935: Bd.1)

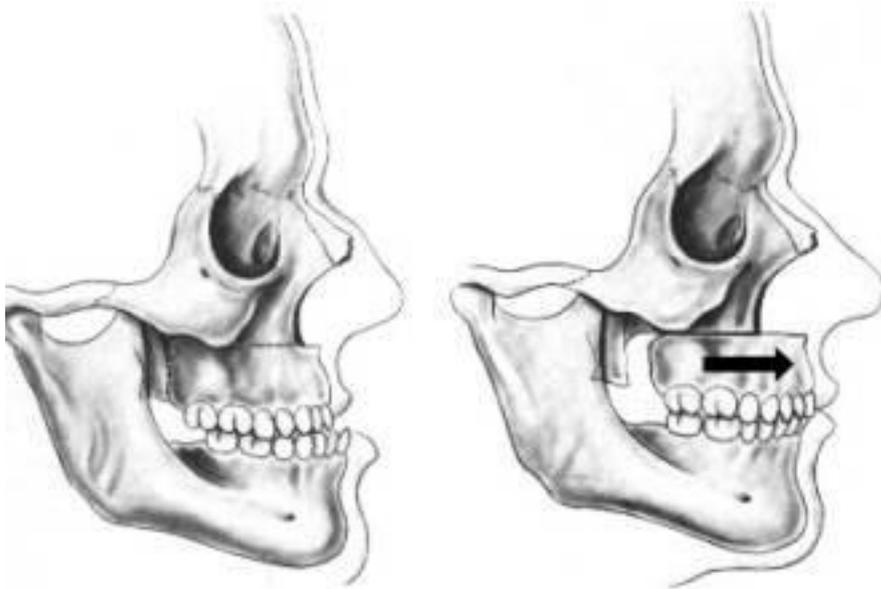


Abb.1: Prinzipielle Darstellung der Oberkiefervorverlagerung in der LeFort I-Ebene aus <http://www.maxillo-faciale-bordeaux.com/chirurgie-orthognathique.php>

Axhausen war es letztendlich, der die totale Mobilisierung des Oberkiefers 1934 riskierte. 1975 traute sich auch der Chirurg Bell eine totale Oberkieferosteotomie zu (Moloney and Worthington, 1981; Reuther, 2000).

Die subtotale Osteotomie und die mehrfache Segmentierung des Oberkiefers nach Krüger (Krüger 1974) und Wolford und Epker (Wolford and Epker, 1975), fanden wegen technisch schwieriger Operationsmethode und verzögerter Knochenheilung nur wenig Anhänger.

Obwegeser beschrieb 1965 die Umstellungsosteotomie des Oberkiefers und 1970 die gleichzeitige bimaxilläre Osteotomie zur Korrektur der Dysgnathie (Obwegeser 1965, 1970). Heute ist das Standardverfahren für die Korrektur der Oberkieferfehlstellung die Osteotomie in der Le Fort-Ebene wie von Obwegeser 1969 und die Down-Fracture-Methode wie von Bell 1988 beschrieben (Bell et al., 1988; Obwegeser, 1969).

1.2.2 Saggittale Spaltung des Unterkiefers und bimaxilläre Eingriffe

Parallel zur Oberkieferosteotomie entwickelte sich die im Unterkiefer. Heute kann eine isolierte als auch eine kombinierte Osteotomie beider Kiefer z.B. nach

Obwegeser/Dal-Pont durchgeführt werden, so dass jede Art von Fehlstellung der Kiefer behandelbar ist (Dal Pont, 1959; Hunsuck, 1968; Luhr et al., 1991; Obwegeser, 1964; 1970; Obwegeser, 1988).

Die "down-fracture" Technik wird heute durch ihre relativ niedrige Komplikationsrate u.a. als wichtige Vorgehensweise in der Dysgnathiechirurgie anerkannt (Esser and Petersen, 1991).

1.3 Komplikationen und postoperative Stabilität

Die größten Besorgnisse bei Oberkieferverlagerungen galten damals der intraoperativen Blutung, Revaskularisierung und der Heilung des Oberkiefersegments. Tierversuche an Rhesusaffen von Bell et al. konnten allerdings zeigen, dass eine breite palatinale und vestibuläre Schleimhaut den Alveolarknochen und die Zähne des Oberkiefers ausreichend versorgt (Bell et al., 1975).

Eine weitere mögliche Komplikation in der Dysgnathiechirurgie ist die Nervschädigung. Dieses Risiko ist bei LeFort I Osteotomien am geringsten, in der Literatur bleiben Fälle mit Schädigung des Nervus infraorbitalis unerwähnt (Die verwendeten Suchbegriffe in der Pubmed Datenbank waren die Kombinationen von "infraorbital nerv", "nerve injury", "nerve damage" und "orthognathic", "maxillary advancement", "LeFort I osteotomy"). Patienten berichten eher von einer vorübergehenden Hypästhesie im Wangen-Oberlippebereich und im Nasenflügel. Lawrence berichtet in seiner Studie über eine Kälteinsensibilität der oberen Schneidezähne nach einer vermutlichen Verletzung des Astes alveolares anteriores superiores des N. infraorbitalis (Lawrence and Poole, 1992).

Die Nerven Infraorbitalis, Alveolaris inferior oder mentalis werden bei jedem Eingriff im Oberkiefer oder Unterkiefer neurolytisch dargestellt. Diese Neurolyse ist für ein nervschonendes Operieren erforderlich. Die durch eine Nervdarstellung folgende Gefühlsstörung lässt in den meisten Fällen in spätestens 3 Monate nach. Die empfundene Störung wird von den Patienten unterschiedlich stark beschrieben. Von den Verfahren der bisagittalen Spaltung des Unterkiefers, der Kinnplastik und der LeFort I Osteotomie hat die letztere die schnellste Sensibilitätsgenesung (Karas et al.,

1990). So erreichen 96 % der "LeFort I"-Patienten in einer Vergleichsstudie von Karas 1990 nach spätestens 3 Monaten die präoperative Sensibilität wieder. 90 % der Patienten der Sagittalen Spaltosteotomie erreichen dies erst nach 6 Monaten.

Bei Durchführung der Osteotomie im posterioren Bereich muss der noch unerfahrene Chirurg besonders auf den Nasotrachealtubus achten. In der Literatur wird die chirurgische Trennung des Tubus als Anästhesierisiko von Bidgoli beschrieben (Bidgoli et al., 1999).

Auf die Atemwege hat die Oberkieferververlagerung in der Regel sogar einen positiven Effekt. Bei einer signifikanten Vorverlagerung des Oberkiefers um ≥ 2 mm wird der dreidimensionale Atemwegsraum im nasopharyngealen Niveau um 13 % - 21 % erweitert (Jakobsone et al.).

Die skelettale Stabilität nach Lefort I Osteotomien ist in der Literatur unterschiedlich dokumentiert. So haben Wardrop und Wolford bei 24 Patienten nach maxilläre Vorverlagerung in der Lefort I Ebene bzw. Lefort III Ebene nach 6-10 Monaten einen durchschnittlichen Rückfall von weniger als einem Millimeter gemessen (Wardrop and Wolford, 1989).

1.4 Knochenaugmentation in LeFort I Osteotomien

Die ersten Beschreibungen einer autologen Knochenaugmentation in LeFort I Osteotomiespalten werden auf den berliner Kieferchirurg Georg Axhausen zurückgeführt (Axhausen G. 1934). Bereits 1908 schrieb er über die Lehre der Knochentransplantationen in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Axhausen G. 1908). Nach einer Pubmedsuche stammen die ersten Studien mit allogenem Augmentat in der LeFort I Ebene von Epker. Weitere Vorreiter von augmentiertem alloplastischem und xenogenem Knochenersatz sind in der Tab. 1 aufgelistet.

Knochenart	Spezifizierung	Patienten	Author/Jahr
Autogen	Beckenkamm "Goldstandard"		Axhausen G,1908
Allogen	Gefrier-getrockneter (Tissue Bank)	18	(Epker et al., 1976)
Alloplastisch	Teflon Flourocarbon polymer (Proplast, Vitek Inc)	25	(Bell and Jacobs, 1980)
	β -TCP (Cerasorb curasan AG)	2	(Foitzik and Staus, 2003)
Xenogen	Corallin PBHA (Interpore 200)	9	(Holmes, 1979; Wolford et al., 1987)
	Bovin (BioOss, Geistlich)	1	(Bayat et al.) 2011

Tab. 1: Vorreiter der Knochenaugmentation in der LeFort I-Ebene

1.5 Fernröntgenseitenaufnahmen

Bei kieferorthopädischer bzw. kombinierter kieferorthopädischer-kieferchirurgischer Behandlung gehört heute die Fernröntgenseitenaufnahmen, kurz FRS, zum diagnostischen Standard.

Der Begriff Röntgenkephalometrie bezeichnet die Vermessung des Kopfes anhand von Röntgenaufnahmen (griechisch: kephalé = Kopf; metreín = messen).

Hofrath und Broadbent entwickelten 1931 eine Methode, die die Aufnahme des Schädels nahezu in originalgetreue Reproduktion möglich macht. Diese stellt die laterale Ansicht, der Norma lateralis, weitgehend ohne Vergrößerung und Verzerrung dar. Nach Verfeinerungen in der Aufnahmetechnik und durch das Einbringen eines Weichgewebefilters wurde es möglich das Weichgewebeprofil neben den knöchernen Strukturen zu zeigen.

Nach der Fernröntgenanalyse nach Rakosi 1989 kann man Auskünfte erschließen über:

- Aufbau des Gesichtsschädels
- Beziehung der Kieferbasen zu einander und zum Schädel
- Lokalisation der Dysgnathie
- Beziehungen der Schneidezahnachsen
- Weichteilmorphologie
- Behandlungsmöglichkeiten und –grenzen

Die aufgezählten Punkte werden durch eine Schädelmessanalyse, die so genannte kephalometrische Analyse, ausgewertet.

1.5.1 Kephالometrische Analyse

Das Ziel einer kephalometrischen Analyse ist es, quantitative Aussagen über die Natur und das Ausmaß des Schädels bzw. der Schädelknochen zu treffen. Die Begriffe "groß", "klein" oder "in Rücklage" sind nur qualitativ und ungenau. Die Fachliteratur kennt über 200 kephalometrische Messpunkte und über 100 kephalometrische Analysen (Drescher 1994).

Die Auswertung der Analysen beruht auf dem Vergleich der Messergebnisse mit den Normwerten. Abweichungen zwischen den Werten sind alters-, geschlechtsspezifisch oder ethnisch begründet. Die Unterschiede haben zahlreiche Autoren bestätigt.

(Bishara und Fernandez 1985, Schmuth et al. 1988, Bishara et al. 1981, 1990, Weber et al. 1993, Ackermann 1979, Bondevik 1995, Slavicek und Schadelbauer 1981, Kerr und Ford 1986, Canut et al. 1987, Muretic et al. 1990).

1.6 Bio-Oss®

Das Produkt Bio-Oss® der Firma Geistlich Biomaterials ist ein natürliches xenogenes, bovines Knochenersatzmaterial, das seit 1992 auf dem Markt erhältlich ist (<http://www.geistlich.de/?dom=10&rub=328>).

Das Material wird im zahnärztlichen Bereich mit Vorliebe in der Implantologie, bei Techniken der *Socket and Ridge Preservation*, bei Alveolarkammaugmentationen, Parodontologie und Sinuslifts angewendet.

Das hochgereinigte Knochenmineral (Bio-Oss®, Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Schweiz) aus Extremitätenknochen australischer Rinder hat hohes osteokonduktives Potential (Hurzeler et al., 1997; Valentini and Abensur, 1997; Yildirim et al., 2000). Durch hohe Temperaturen und Bearbeitung mit stark alkalischer Lösung werden Proteine und mögliche antigene Bestandteile entfernt. Danach wird das Material mit γ -Bestrahlung sterilisiert und doppelt steril verpackt.

Bio-Oss bietet aufgrund der hohen Porosität und der Knochenstruktur, die der menschlichen Spongiosa entspricht, eine große Oberfläche von $79,7 \text{ m}^2/\text{g}$ (Weibrich et al., 2000) für Osteokonduktion. Es ermöglicht somit das Einsprossen von Blutgefäßen und Osteoblasten in das interkonnektierende Porensystem (Chen et al., 1996).

Bei Tierversuchen wurde gezeigt, dass Bio-Oss ein Gerüst für osteogene Zellen darstellt und die osteoblastische Differenzierung und die Matrixsynthese fördert (Tapety et al., 2004).

Wichtige Charakteristika von Bio-Oss sind die Biokompatibilität und die Osteokonduktivität. Daneben ermöglicht die lange Beständigkeit und langsame Resorption des Materials das ungestörte Durchwachsen und Anreifen des neuen Knochens. Dadurch bekommt es die nötige Volumenstabilität (Mongiorgi et al., 1995). Die positiven Langzeitergebnisse des Materials führt zur regelmäßigen Anwendung im zahnärztlichen, mund-, kiefer- und gesichtschirurgischen Bereich. Dies wurde bereits durch viele Studien belegt (Artzi et al., 2003; Hallman and Nordin, 2004; Piattelli et al., 1999; Schlegel et al., 2003; Valentini and Abensur, 2003).

1.7 Zielsetzung

In der folgenden prospektiven Studie wurde der Einsatz von dem zugelassenen Biomaterial Bio-Oss gegenüber dem Goldstandard autologer Beckenknochen zur Überbrückung von Osteotomiespalten in LeFort I Osteotomien getestet. Die Auswertung erfolgte klinisch, histomorphometrisch und radiologisch. Das subjektive Empfinden und die Zufriedenheit beider Vergleichsgruppen nach der OP wurde anhand einer Patientenbefragung ausgewertet.

2 Patienten und Methoden

In der vorliegenden Arbeit wurde die Verknöcherung und Eignung des Biomaterials Bio-Oss in LeFort I Osteotomiespalten untersucht. Es erfolgte ein Vergleich zu autologem Beckenknochen.

Außerdem wurde die skelettale Stabilität bei einheitlichem Osteosynthesematerial bei "Bio-Oss Patienten" und bei Autolog-Patienten" untersucht. Dies geschah durch die Analyse von Fernröntgenbilder prä- und postoperativ und zur Zeit der Metallentfernung.

Zusätzlich erfolgte eine Pubmedrecherche zum Biomaterial Bio-Oss.

Die Studie wurde von der Ethik-Kommission der Universitätsklinik Freiburg unter der Nummer 156/10 genehmigt.

2.1 Patientengut

Bei 25 Patienten (12 m + 13 w) wurden Dysgnathieeingriffe mit jeweils einer LeFort I-Osteotomie durchgeführt. Acht der Patienten (5 m + 3 w) bekamen autologen Knochen von der rechten iliaca anterior in den Osteotomiespalt der LeFort I Ebene eingelegt. Diese Gruppe wurde „Knochen-Gruppe“ genannt. Zwölf (5 m + 7 w) bekamen Bio-Oss-Blöcke, die mit einer Spezialtechnik geformt und in den Spalt eingesetzt wurden (Abb.). Diese Gruppe wurde „Bio-Oss Interponat-Gruppe“ genannt. In der dritten Gruppe, die „Bio-Oss Auflagerung-Gruppe“ sind fünf Patienten, die anfangs der Studie ohne die genannte Spezialtechnik mit Bio-Oss-Blöcken augmentiert.

Das durchschnittliche Patientenalter betrug 26,12 Jahre. Es reichten von 17 bis 55 Jahren (SD 26,12 J. \pm 9,66 J.).

Die Patienten wurden in einem Zeitraum von 40 Monaten in der Zeit vom 20.08.2008 bis zum 30.06.2011 operiert.

2.2 Planung und Vorbereitung der OP

Grundsätzlich erfolgt die Indikationsstellung für eine Dysgnathiechirurgie in einer kombinierten kieferchirurgisch-kieferorthopädischen Sprechstunde.

Der Patient -meistens auch die Eltern- wird in einem ausführlichen ärztlichen Gespräch über die langwierige Behandlung aufgeklärt. Seine Kooperation und

Motivation spielt eine wichtige Rolle. Der Patient wird über die Risiken eines Eingriffs, wie z.B. Wundheilungsstörungen, Schwellungen, Infektionen und auch Rezidive mit möglichen Korrekturingriffen, belehrt. Die möglichen Folgen einer nicht behandelten Dysgnathie werden auch erwähnt. So kann ein Fehlbiss zu Funktionsstörungen des Kiefergelenks, Rücken- und Nackenschmerzen sowie zu Migräne oder zur Verengung des pharyngealen Raumes mit folgenden Schlafapnoen führen.

Nach einer FRS-Analyse (Freiburger Methode nach Rakosi) können Kieferchirurg und Kieferorthopäde entscheiden, ob die Schuld im Oberkiefer, Unterkiefer oder beiden Kiefern liegt. Falls eine zu große Vorverlagerung des Oberkiefers notwendig ist, kann nach ästhetischer Einschätzung ein Kompromiss mit einem bimaxillaeren Eingriff vorgenommen werden.

Weitere Vorbereitungen laufen dann wie im Folgenden beschrieben ab:

2.2.1 Kieferorthopädische Vorbereitung

Die kieferorthopädische Vorarbeit erfolgte bereits vor dem chirurgischen Eingriff. Die Zahnbögen wurden ausgeformt und die Einzelzahnstellung wurde ohne Beachtung der momentanen Okklusion korrigiert. Nach der Behandlung hat der Patient meistens eine schlechtere Verzahnung als zuvor. Diese kann jedoch intraoperativ durch Verlagerung eines oder beider Kiefersegmente in eine Klasse I Okklusion nach Angle eingestellt werden.

Nach der Umstellungsosteotomie können kieferorthopädische Feineinstellungen erfolgen, welche der Okklusionssicherung und der Rezidivprophylaxe dienen.

2.2.2 Röntgen-Bilder: Orthopantomogram (OPG) und Fernröntgenseitenaufnahme (FRS)

Standardmäßig werden für jeden Patienten ein Orthopantomogram und eine Fernröntgenseitenansicht angefertigt. Die FRS Aufnahmen erfolgten präoperativ, postoperativ und unmittelbar vor bzw. nach der Metallentfernung. Die Aufnahmen wurden mit FRS1, FRS2 und FRS3 bezeichnet. Für die Aufnahmen wurde das

Röntgengerät Planmeca Promax (Planmeca Vertriebs GmbH, Bielefeld) eingesetzt. Die Einstellungen lagen bei 78-82 kV bei 12-14 mA für 9,9 s.

2.2.3 Situationsmodelle

Schädelbezogene Situationsmodelle wurden mit Hilfe eines Gesichtsbogens und eines Bissregistrats erfasst und einartikuliert. Sie helfen dem Chirurg und dem Kieferorthopäden in der Diagnostik und später bei einer Gips-Modell-OP (siehe Abb 2).

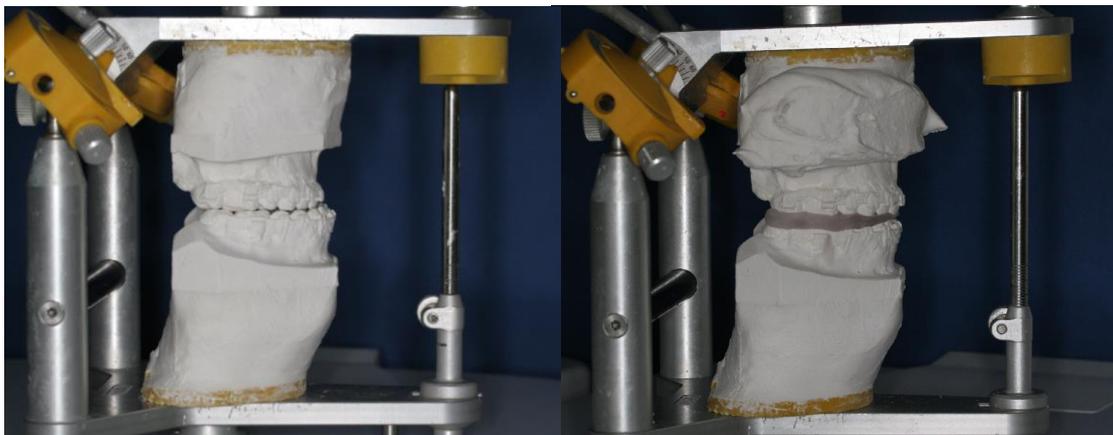


Abb. 2: links: artikulierte Gipsmodelle zeigen den Ist-Zustand.
rechts: artikulierte Gipsmodelle mit angefertigtem Splint zeigen den Soll-Zustand nach einer Gipsmodell-OP.

2.2.4 Splint-Anfertigung im zahntechnischen Labor

Bei der extraoperativen Modell-OP wird in der gewünschten Position von Ober- und Unterkiefer ein okklusaler Splint angefertigt (siehe Abb. 3). Dieser hilft dann intraoperativ zur Einstellung des Oberkiefers in die korrekte Position.



Abb. 3: Angefertigter Splint

2.2.5. Fotoaufnahmen

Prä- und postoperative Fotoaufnahmen sind als erste Eindrücke, für die Diagnostik, OP-Planung und die postoperative Kontrolle sehr wichtig. Der Patient wird jeweils prä- und postoperativ von einer En-face- und einer Profilansicht extraoral vor einem blauen Hintergrund fotografiert.

Intraorale Aufnahmen werden ebenso frontal und seitlich zur Darstellung der Bissfehlstellung angefertigt.



Abb 4: a und b: Okklusion bei Erstvorstellung en face und seitlich.
 c und d: präoperative Okklusion nach kieferorthopädischer Vorbehandlung en face und seitlich.
 e und f: postoperative Okklusion nach Oberkieferverlagerung und kieferorthopädischer Nachbehandlung.

2.3 Operatives Vorgehen

Der Patient liegt in Rückenlage, extraoral desinfiziert und mit sterilen Tüchern abgedeckt. Nach Einbringen der Rachenstopftamponade wird intraoral mit 0,1-%iger Chlorhexidin-Lösung desinfiziert und Infiltrationsanästhesie mit 1:200,000 UDS im Bereich des 1. und 2. Quadranten verabreicht. Im Ober- und Unterkiefer wird eine Drahtbogenschiene für die spätere intermaxilläre Fixation eingebunden.

Es folgt die vestibuläre Schnittführung von Regio 17 bis 27. Danach wird der Mukoperiostallappen präpariert und die Nervi infraorbitalis beidseits dargestellt.

Mit der Kugelfräse werden die Osteotomiestellen markiert. Die Durchtrennung in der LeFort I-Ebene erfolgt dann mit der oszillierenden Säge. Das Nasenseptum wird mit dem Septummeißel von der Maxilla abgetrennt. Ebenso werden die lateralen Nasenwände basal osteotomiert. Mit dem Tessiermeißel wird die Maxilla beidseits vom Pterygoid abgetrennt. Das Oberkiefersegment wird darauf mit Spreizzangen nach kaudal mobilisiert.

Anschließend wird der präoperativ angefertigte Splint zur Okklusionssicherung auf die Okklusionsflächen eingepasst und der Oberkiefer mit Drahtligaturen an den Unterkiefer gebunden.

Falls sich Blutungsstellen an der Kieferhöhlenwand zeigen, werden diese mit Elektrokoagulation und/oder Tabotampeinlage gestillt.

Nach Positionierung des Oberkiefers erfolgt die rigide Fixierung mit zwei L-Platten und zwei fortlaufenden 4-Loch-Platten der Stärke 1.5 und insgesamt ca. 12-14 Schrauben (Abb. 5).



Abb. 5: Oberkiefervorverlagerung und Fixierung mit einer L- und einer fortlaufenden 4-Lochplatte auf der linken Seite. Erkennbarer Osteotomiespalt vor Einlagerung des Biomaterial Blocks.

Bei den Patienten der Gruppe Biomaterial-Auflagerung (BMA) wurde in den Osteotomiespalt auf jeder Seite ein Bio-Oss Block mit Fibrinkleber (Tissuecol®, Baxter-Immuno, Heidelberg, Deutschland) fixiert und mit einer Bio-Gide Membran (Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Schweiz) abgedeckt (Abb. 6).

Bei den Patienten der Gruppe Biomaterial-Interposition wurde in den Bio-Oss Block mit dem Scalpel eine Stufe präpariert und in den Spalt so eingegliedert, dass die präparierte Stufe stabil auf den Osteotomieschelf des Oberkiefers und in den Osteotomiespalt liegt. Die Bio-Oss Blöcke werden zusätzlich mit einem Fibrinkleber (Tissuecol®, Baxter-Immuno, Heidelberg, Deutschland) fixiert und mit einer Bio-Gide Membran abgedeckt. (Abb. 6 und 7).

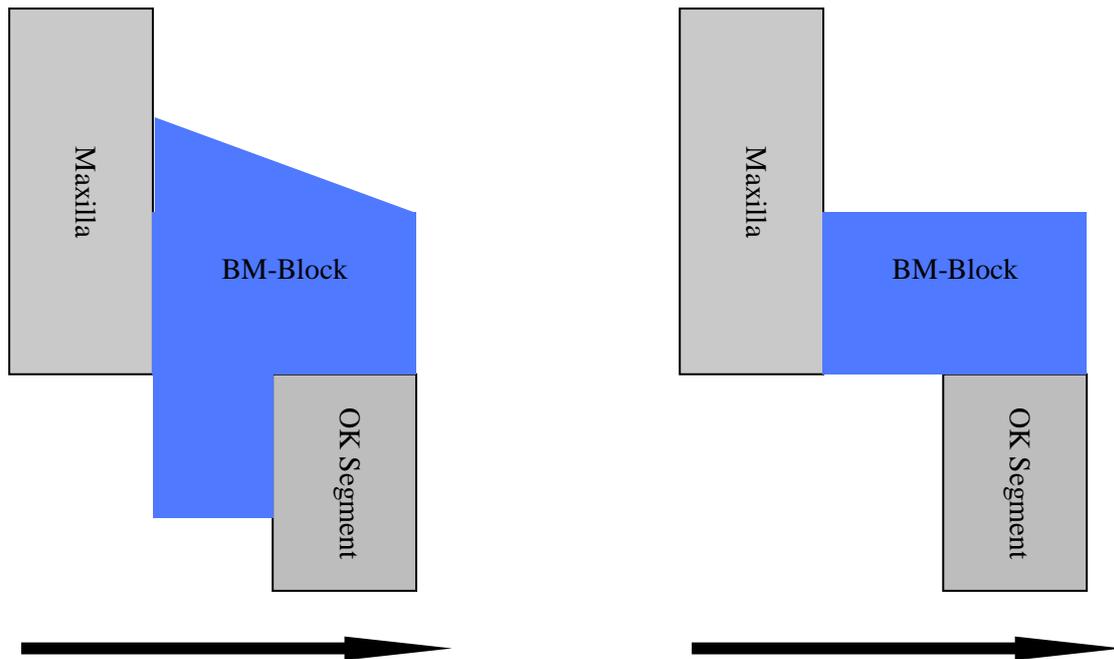


Abb. 6: Links Schematische Darstellung eines präparierten Bio-Oss-Blocks eingelegt zwischen Maxilla und vorverlagertem Oberkiefer bei Pat. der Gruppe BM-Interponat. Rechts die schematische Darstellung des unpräparierten Bio-Oss-Blocks bei Pat. der Gruppe BM-Auflagerung. Die Pfeile zeigen die Richtung der Vorverlagerung.

Vor Einführung dieser Technik wurden die Bio-Oss Blöcke ohne Stufenpräparation in den Spalt eingelegt, mit Fibrinkleber stabilisiert und mit einer Bio-Gide Membran (Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Schweiz) bedeckt.



Abb. 7: Links: interpositionierter Bio-Oss Block (Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Schweiz). Rechts: Abdeckung mit einer Bio-Gide Membran (Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Schweiz).

Die Nasenbasis bzw. das Nasenseptum wurde mit resorbierbarer Naht Vicryl 2.0 an der Spina nasalis anterior nach kaudal fixiert. Der Verschluss des Mukoperiostallappens im Oberkiefer vestibulums erfolgte danach mit fortlaufender

Naht der Stärke 3.0 Vicryl. Durch den Anästhesist wurde intraoperativ 10 Mega Penicillin und 4 mg Fortecortin als prophylaktische und schwellungsvorbeugende Maßnahme intravenös verabreicht.

Anschließend erfolgte die Entfernung der Drahtligaturen und der Rachenstopftamponade, sowie die intraorale Desinfektion. Die Drahtligaturen werden schließlich durch Führungsgummies ersetzt. Nach der Extubation wurden die Patienten auf die Station verlegt.

2.4 Postoperativer Verlauf

Im durchschnittlich sechstägigen stationären Aufenthalt wurden diverse Nachsorgemaßnahmen ergriffen:

Weichteilschwellungen wurden mit Eispackungen und gegebenenfalls bei ausgeprägteren Schwellungen mit Lymphdrainage behandelt.

Des Weiteren werden die Blutparameter nochmals kontrolliert.

Die Führungsgummies wurden hygienisch täglich von ärztlichem Personal oder nach Einweisung vom Patienten selber gewechselt. Im Falle des Erbrechens lag notfalls und griffbereit eine Schere neben dem Patienten, mit der er die Gummiverschnürung durchschneiden kann.

Die Entfernung der Wundfäden, Führungsgummis und Schuchardt-Schienen erfolgte ca. 14 Tage postoperativ.

Während dieser Zeit ernährte sich der Patient ausschließlich von flüssiger bis passierter Kost über einen Strohhalm.

Aufgrund einer funktionsstabilen Osteosynthese (Schrauben- oder Miniplatten-Osteosynthese) konnte auf eine zusätzliche postoperative langwierige starre intermaxilläre Immobilisation verzichtet werden (Niederdellmann and Shetty, 1989; Steinhäuser, 1982).

2.5 Metallentfernung

Die Entfernung des Osteosynthesematerials wurde nach frühestens ca. 6 Monaten durchgeführt. Sie erfolgte ebenso in Intubationsnarkose.

Nach Einbringen der Rachenstopftamponade und intraoraler Desinfektion, wurde über eine Inzision der alten Zugangswege ein Mukoperiostallappen präpariert. Die Nervi infraorbitalis wurden dargestellt und die Schrauben und Platten mittels eines Schraubendrehers bzw. Hammer und Dentinmeißel entfernt.

Anschließend wurde der Osteotomiespalt auf Konsolidation und Verknöcherung klinisch überprüft.

2.5.1 Trepanbohrung

Mittels eines Trepanzylinders (FA. Gebr. Brassler Komet, Lemgo) wurde jeweils eine Knochenprobe aus den augmentierten Arealen gewonnen, d.h. aus dem ehemaligen Osteotomiespalt der rechten und linken Kieferhöhlenvorderwand (Abb 8). Diese wurden in 4%iges Formalin (Otto Fischer GmbH & Co.KG, Saarbrücken, Deutschland) gegeben und ins Labor zur Untersuchung gebracht.



Abb. 8: Biopsieentnahme mit einem Trepanbohrer (Gebr. Brasseler, Lemgo, Deutschland)

2.6 Histomorphometrische Knochenuntersuchung und Aufbereitung der Knochenbiopsien

Die durch die Trepanbohrungen gewonnenen Knochenbiopsien durchliefen 5 Verarbeitungsstadien bis zur lichtmikroskopischen Auswertung wie folgend:

2.6.1 Fixierung

in 4-%igem Formaldehyd (Otto Fischar GmbH & Co.KG, Saarbrücken, Deutschland) für 2 Wochen.

2.6.2 Entwässerung

Die Biopsien wurden aus dem Formaldehyd herausgenommen und unter fließendem Leitungswasser ausgewaschen. Danach wurden sie im Exikator unter Vakuum jeweils 3 Tage in 70, 80,90, und 100-%igem Alkohol (Klinische Apotheke, Universitätsklinikum, Freiburg) dehydriert.

2.6.3 Entfettung

Anschließend wurden die Präparate ein Tag in Xylol (Merck, Darmstadt) entparaffiniert.

2.6.4 Polymerisierung

Diese erfolgte in 3 Schritten jeweils in Raumtemperatur und in Wasserbädern zur Wärmeableitung. Die Präparate wurden nach jedem Schritt mit einer Bandsäge (Proxxon, Niersbach) von überschüssigem Kunststoff getrennt. Im ersten Schritt wurden die Präparate eine Stunde unter Vakuum und dann 2 Wochen in eine Mischung aus Methylmetacrylat (MMA, Merck, Darmstadt) und 15-%igem Dibuthylphthalat (Fluka, Steinheim) eingelegt.

Im zweiten Schritt kam das Präparat in eine neue Mischung aus MMA, 15-%igem Dibuthylphthalat und zusätzlich 15-%iges getrocknetes Benzoylperoxid (Merck, Darmstadt).

Im dritten Schritt wurden die Präparate in dichtverschlossenen Gläsern mit der Mischung aus MMA und 15 % Dibuthylphthalat und 3 % getrocknetes Benzoylperoxid im Kühlschrank für 2 Wochen aufbewahrt.

2.6.4 Herstellung von Dünnschnitten

Die Blöcke wurden dann mit einer Präzisionssäge (Microslice, IBS Cambridge GB) in 500 µm dicke Schichten zerlegt und mit Sekundenkleber (Loctite 401, Dublin, IRL) auf weiße Acrylglasobjektträger (Martin, Freiburg) unter mechanischem Druck aufgeklebt. Zum Trocknen wurden diese dann mindestens 24 Stunden im Raum gelassen.

Die Sägeschnitte auf den Objektträgern wurden danach auf einen rotierenden Schleifteller (Struers, Dänemark) mit Nassschleifpapier (Struers, Dänemark) aufsteigender Körnung auf eine Dicke von 80 µm dünn geschliffen und poliert.

2.6.5 Färbung der Dünnschnitte

Zur Darstellung des Unterschieds zwischen ortsständigen und neugebildeten Knochens wurde die Färbung nach Richardson, Levai und Laczko angewendet.

2.7 Kephalmetrische Analyse

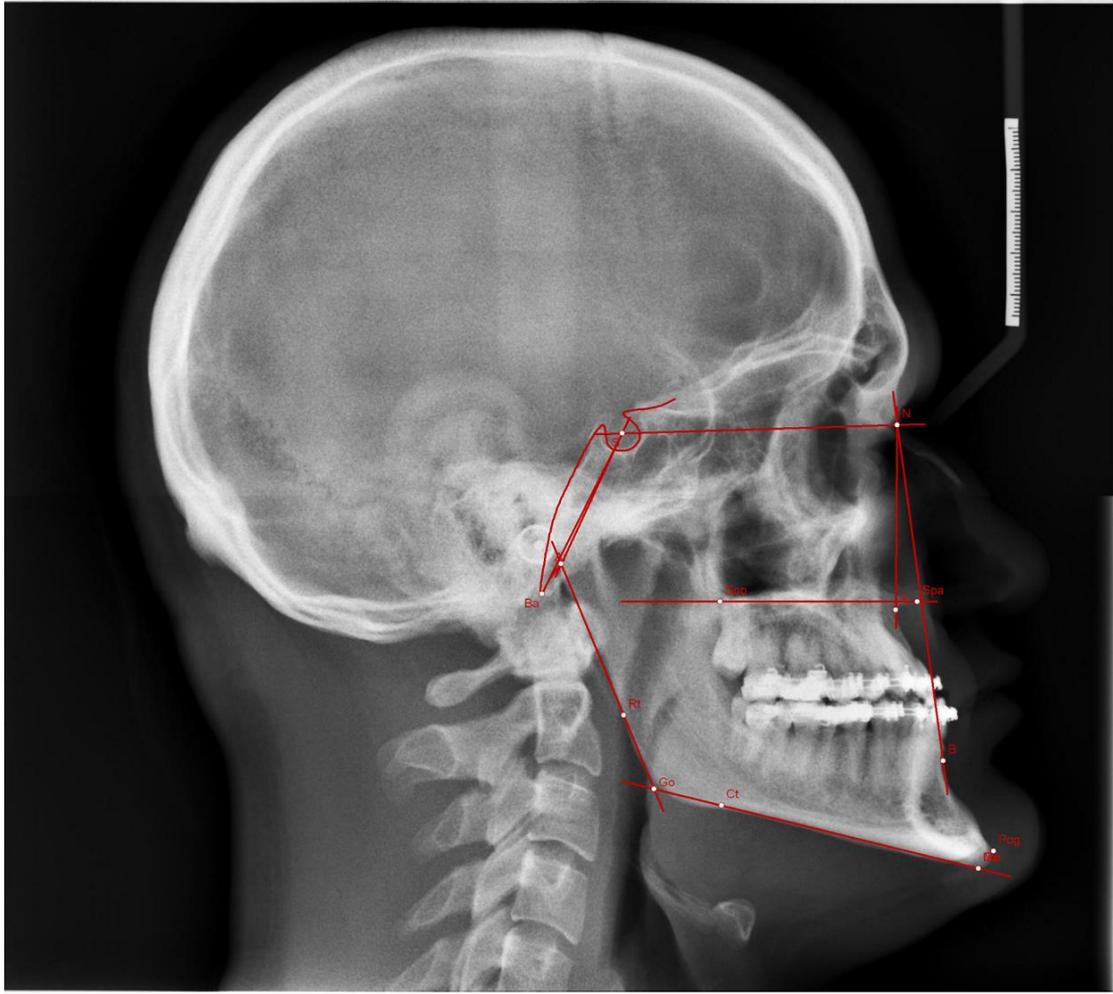


Abb. 9a: Patient Nr. (9), präoperative kephalometrische Analyse nach Rakosi.
Darstellung der Referenzpunkte, -ebenen und -winkel.

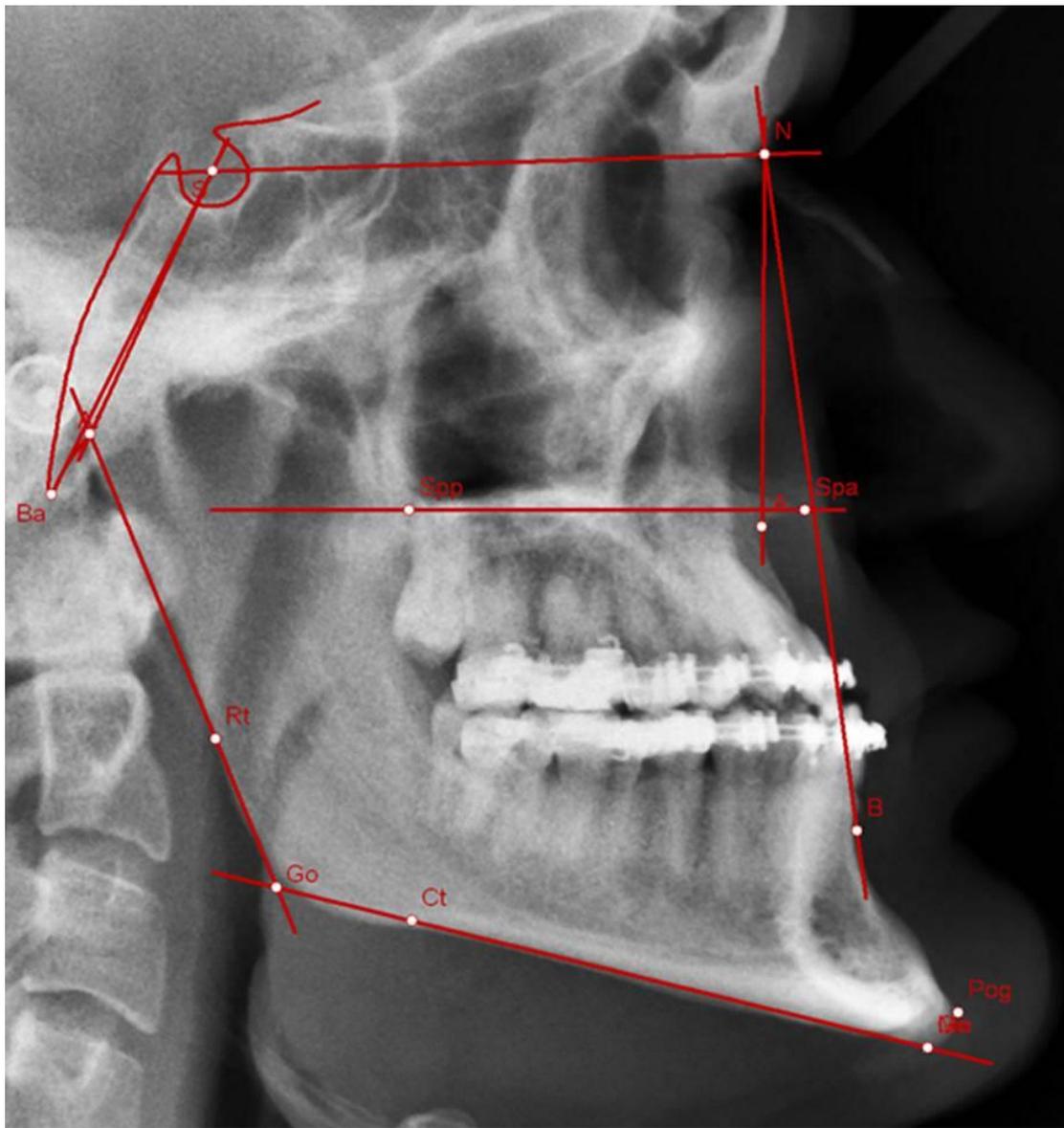


Abb. 9b: Vergrößerung des zu analysierenden FRS-Abschnitts aus der Abb. 9a

2.7.1 Referenzpunkte

In Anlehnung an die Analyse von Rakosi (1988) wurden folgende kephalometrische Referenzpunkte und –linien für die FRS-Analyse in der Sagittalen herangezogen (Rakosi und Jonas, 1989):

N	Nasion	Ventricraniales Ende der Sutura naso-frontalis in der Median-Sagittal-Ebene
S	Sella	Mittelpunkt der Fossa hypophysialis
A	A-Punkt	Der am weitesten posterior gelegene Punkt an der äußeren Krümmung des Processus alveolaris maxillae zwischen

	den Punkten Spina nasalis anterior und Prosthion
Spp	der am weitesten gelegene Punkt des Pars horizontale des Os palatinum.
Spa	die am weitesten gelegene Spitze der Spina nasalis anterior

2.7.2 Referenzebenen

NA-Linie	Die Verbindungslinie von Nasion zum A-Punkt wird benutzt, um die sagittale Position des OK zu beschreiben.
Nasallinie (NL)	Die Verbindungslinie der Punkte Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare wird als Bezugsebene für den Nasenboden und der Oberkieferbasis verwendet
Nasion-Sella-Linie (NSL)	Mit der Verbindungslinie zwischen Nasion und Sella wird der gesamte Gesichtsschädel in Relation zur anterioren Schädelgrube vermessen.

2.7.3 Referenzwinkel

NL-SNL	drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die anteriore Schädelbasis aus.
SNA	bezeichnet die sagittale Position der Maxilla

Zur Bestimmung der Lage vom Oberkiefer in der sagittalen Ebene wurde der Winkel Sella-Nasion-A-Punkt (SNA) ermittelt. Rotationen der Kiefer wurden durch das Verhältnis der Kieferbasis (NL) zur Sella-Nasion-Linie (SNL) bestimmt (siehe Abb.9b).

2.8 Begleitoperationen

In vielen Fällen ist eine alleinige Verlagerung des Oberkiefers für die Verbesserung der Gesichtsharmonie nicht ausreichend. Eine Kombination mit einer Unterkieferverlagerung nach sagittaler Spaltung und sogar einer Kinnplastik werden oft in Betracht gezogen.

Die Verschiebungen des Oberkiefers beschränken sich in der Dysgnathiechirurgie nicht nur auf die Vor- und Rückverlagerung in der sagittalen Ebene. Der Oberkiefer wird auch nach kranial und kaudal versetzt oder rotiert. Bei einer kranialen Verlagerung des Oberkiefers, z.B. zur Verbesserung eines Gummy Smiles, wird eine Knochenscheibe einer vorbestimmten Dicke kaudal des Nasenbodens osteotomiert. Bei Engstand des Oberkiefers in der axialen Ebene geht der Vorverlagerung in der LeFort-I-Ebene bei Indikation eine Erweiterung des Gaumens mit Distractionstechniken (Gaumennahterweiterung) voraus.

Andere Begleitoperationen, die in den Patientenakten registriert wurden, sind z.B. enossale Implantationen, Weisheitszahnosteotomien und Rhinoplastiken.

Im Sinne der Themenbegrenzung wird nicht weiter auf diese Begleiteingriffe eingegangen.

2.10 Patientenbefragung

Zur Beurteilung der subjektiven Patientenzufriedenheit wurden die Patienten nach Abschluss der Behandlung über das Endergebnis befragt.

Es wurden dabei die Aspekte: Ästhetik, Atmung, Okklusion, Kiefergelenksbeschwerden und Beschwerden nach den Eingriffen von den Patienten mit "unzufrieden", "gut" und "sehr gut" bewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Patienten, Geschlechts- und Altersverteilung

25 Patienten wurden operiert. In der Knochen-Gruppe befanden sich 8 Patienten (5m, 3w), in der Biomaterial-Gruppe insgesamt 18 (8m, 10w), die in den kommenden Auswertungen in die Gruppen „Interponat“ und „Auflagerung“ unterteilt wurden.

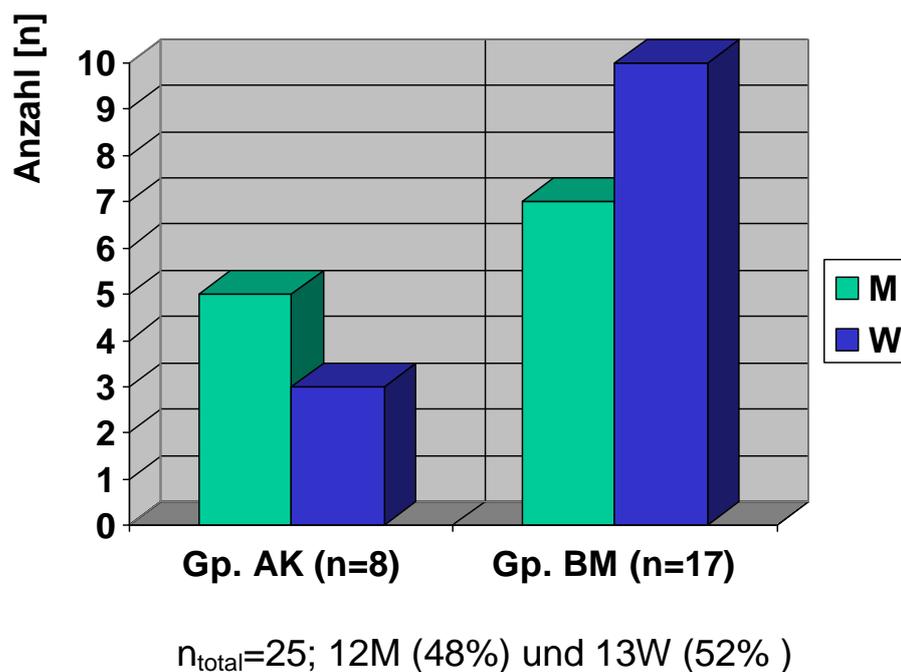


Abb. 10: Balkendiagramm zeigt Patientenverteilung beider Hauptgruppen.
Gp. BM (Biomaterial-Gruppe); Gp. AK (Autologe Knochen-Gruppe)

	BM- Interponat	BM- Auflagerung	Knochen
LeFort I [n]	6	1	0
LeFort I + Kinn [n]	1	0	1
LeFort I + Obweg. Dal P. [n]	4	3	5
LeFort I + Kinn + Obweg. Dal P. [n]	1	1	2

Tab. 2: Patientenverteilung nach Operationen. Anzahl [n] der Pat. mit durchgeführten Eingriffen aus den 3 Gruppen.

3.2 Pubmed-MedLine-Recherche

Zum Biomaterial und zur Anwendung in der Dysgnathiechirurgie wurde für diese Arbeit eine systematische Pubmed-MedLine-Recherche durchgeführt (www.ncbi.nlm.nih.gov).

Hierzu wurde die Suchfunktion von Pubmed verwendet. Um die automatische Suchfunktion der Datenbank nach Synonymen auszuschalten, wurde der Produktname Bio-Oss in Anführungsstriche gesetzt ("Bio-Oss").

Aktivierte Limitationen: English, Dental journals

Die verwendeten Suchbegriffe wurden so gewählt, dass möglichst viele bzw. die wichtigsten Synonyme für Le Fort I-Osteotomie und Bio-Oss gedeckt sind.

Suchbegriffe	Treffer	Suchbegriffe	Treffer
"Bio-Oss"	531	orthognathic surgery	2062
Bovine bone graft	533	Maxillary advancement	730
Bio-Oss block	29	lefort osteotomy	1351
bone graft	7411	lefort 1	69
xenogenic bone graft	42	lefort 1 osteotomy	63
augmentation	3658	lefort i osteotomy	131
bone augmentation	3212	lefort i	151
hard tissue augmentation	217	osteotomy gap	131
interpositional graft	348	orthognathic	2178

Tab. 3: Pubmedrecherche, Limitationen: English, Dental journals
 Links: Suchbegriffe/ Synonyme und dazugehörige Treffer für „Bio-Oss“.
 Rechts: Suchbegriffe/ Synonyme und dazugehörige Treffer für „ Le Fort I-Osteotomie“

	Orthognathic	Orthognathic surgery	Maxillary advancement	Osteotomy gap	LeFort osteotomy	LeFort 1 Osteotomy	LeFort i osteotomy	LeFort 1	LeFort i
"Bio-Oss"	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Bio-Oss block	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bovine bone graft	3	3	0	0	1	0	0	0	0
Interpositional graft	3	2	3	7	18	2	2	2	2
Xenogenic bone graft	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bone graft	103	102	70	27	178	8	15	8	15
Augmentation	48	47	48	13	66	3	5	3	5
Bone augmentation	47	46	47	13	64	3	5	3	5
Hard tissue augmentation	2	2	1	1	2	0	0	0	0

Tab. 4: Treffer der Pubmedsuche, Sucheinschränkungen: Englisch, Dental Journal.

Stichtag 11.07.2012. Die meisten Treffer zeigte die Kombination [bone graft AND LeFort osteotomy]

Relevante Artikel von 178 :

Aus den Suchergebnissen der Kombination [bone graft AND LeFort osteotomy] sind keine Studien dabei, in denen das Biomaterial Bio-Oss in LeFort I-Osteotomiespalten verwendet wurde.

Bisher wurde in den Osteotomiespalten standardmäßig mit autologem Beckenknochen augmentiert. Beispiele aus den Suchergebnissen sind die Studien von De Santis 2012, Marchetti 2009 und Chiapasco 2007.

Als bekanntes Vorreitermaterial des Bio-Oss ist das koralline poröse Block-Hydroxylapatit (PBHA). Dieses wurde in mehreren Studien von Wardrop, Wolford und Mehra mit Erfolg eingesetzt.

3.3 Komplikationen

Alle Patienten der Studie konnten nach 4-8 Tagen aus dem stationären Aufenthalt ohne schwerwiegende Komplikationen entlassen werden. Die postoperativen Schwellungen und Nachblutungen konnten gut versorgt werden.

Patient Nummer 1 der BMI-Gruppe entwickelte 3 Monate nach der Erst-OP einen Spätabzess im Oberkiefer. In Allgemeinnarkose wurde die Kieferhöhle inspiziert und das Biomaterial ausgebaut. Die histologische Untersuchung des Biomaterials ergab keine Knochenneubildung. Das Osteosynthesematerial zeigte sich hierbei gelockert und wurde teilweise entfernt. Aus den Kieferhöhlen wurde rechts mehr als links entzündliches Schleimhautgewebe ausgeräumt. Trotz sorgfältiger stationärer Versorgung und ambulanter Nachsorge war nach einem Jahr eine chronische Sinusitis immer noch vorhanden. Das restliche Osteosynthesematerial dann entfernt und die Kieferhöhle durch ein angelegtes Knochenfenster per Endoskop inspiziert und gesäubert. Der Oberkiefer war insgesamt stabil.

Bei einem Patienten (Pat. 13) in der Biomaterial Interpositionsgruppe (Anhang, Tab.6) wurde eine Metallentfernung nach 10 Monaten durchgeführt. Die Osteotomielinie war hier von mehreren Knochenbrücken überzogen. An einigen Stellen war die Frakturlinie nicht komplett verknöchert. Das osteotomierte Fragment war jedoch stabil mit dem Oberkiefer verankert. 7 Monate nach der Metallentfernung klagte der Patient über Schmerzen und Instabilität der Oberkieferzähne. Ein DVT konnte zeigen, dass der Oberkiefer sich von dem Schädelknochen abgelöst hat.

Die Pseudarthrose wurde daraufhin in Intubationsnarkose revidiert und der ehemalige Osteotomiespalt mit autologem Beckenknochen aus der rechten Beckenschaufel augmentiert. Da das Biomaterial nicht integriert war wurde dieser Patient nicht in die histomorphometrische Auswertung einbezogen.

3.4 Auswertung der FRS-Messungen

Die zu untersuchenden Fernröntgenseitenbilder wurden entsprechend den Empfehlungen von HASUND und ASCHER mit dem Profil nach rechts orientiert. Die Röntgenbilder wurden nach einer Kalibrierung durchgezeichnet. Die Bildspeicherung und deren Bearbeitung wurden mittels der Programme „fr-win“

(Computer konkret dental software AG, Falkenstein, Deutschland) und „Sidexis 2.2“ (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Deutschland) durchgeführt.

Die Tabellen 12, 13 und 14 (s. Anhang) zeigen die Veränderungen der Winkel SNA und NL-NSL in allen drei Gruppen. Um die Stabilität der Eingriffe beurteilen zu können, wurden die Beträge der Winkelveränderungen für die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen verwendet. Auf eine Veränderung in negativer oder positiver Richtung wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

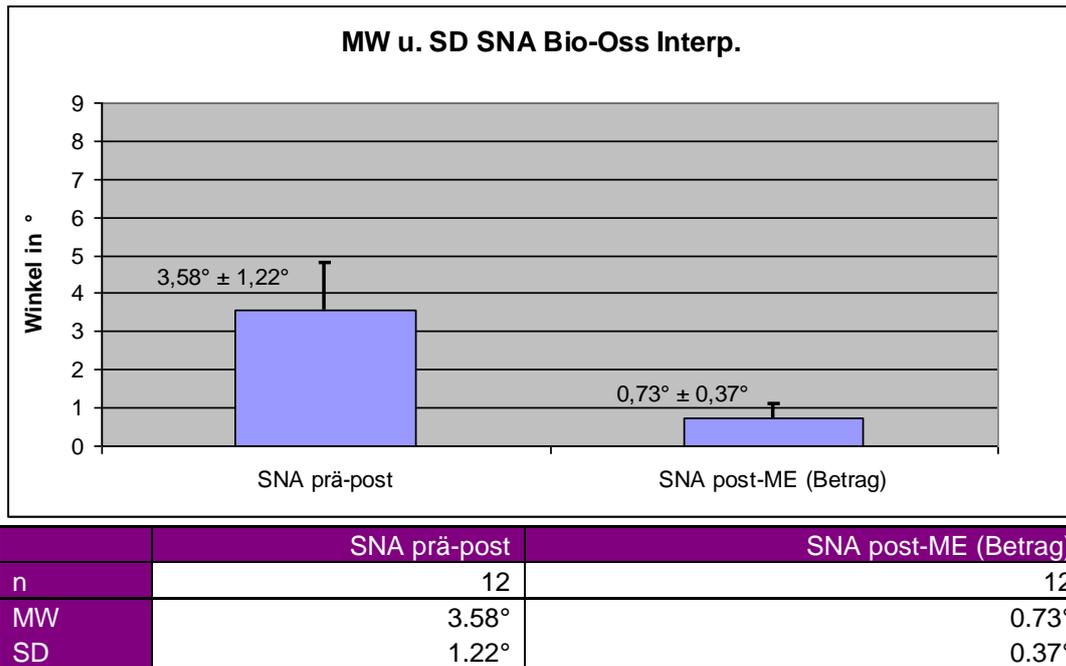


Abb. 11: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der SNA-Winkelveränderung der Gruppe BM-Interponat von prä- nach direkt postoperativ und nach der Metallentfernung.

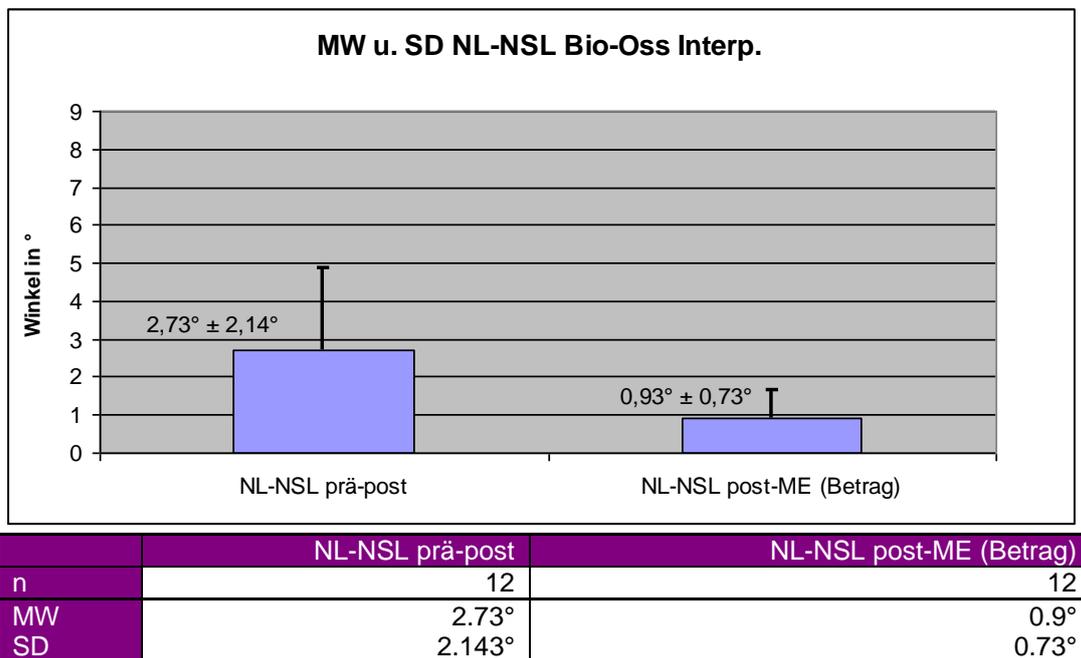


Abb. 12: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der NL-NSL-Winkelveränderung der Gruppe BM-Interponat postoperativ und nach der Metallentfernung (ME).

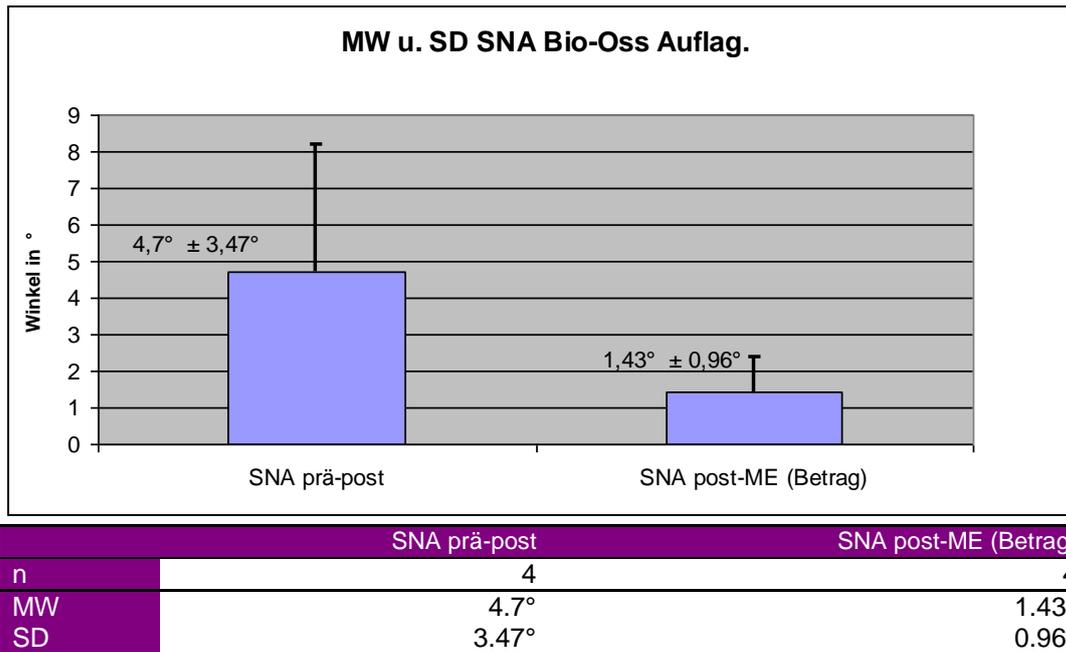


Abb. 13: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der SNA-Winkelveränderung postoperativ und nach der ME. Nur 4 von 5 Pat., da die postop. FRS Aufnahmen des Pat. Nr. 15 leider nicht auffindbar waren.

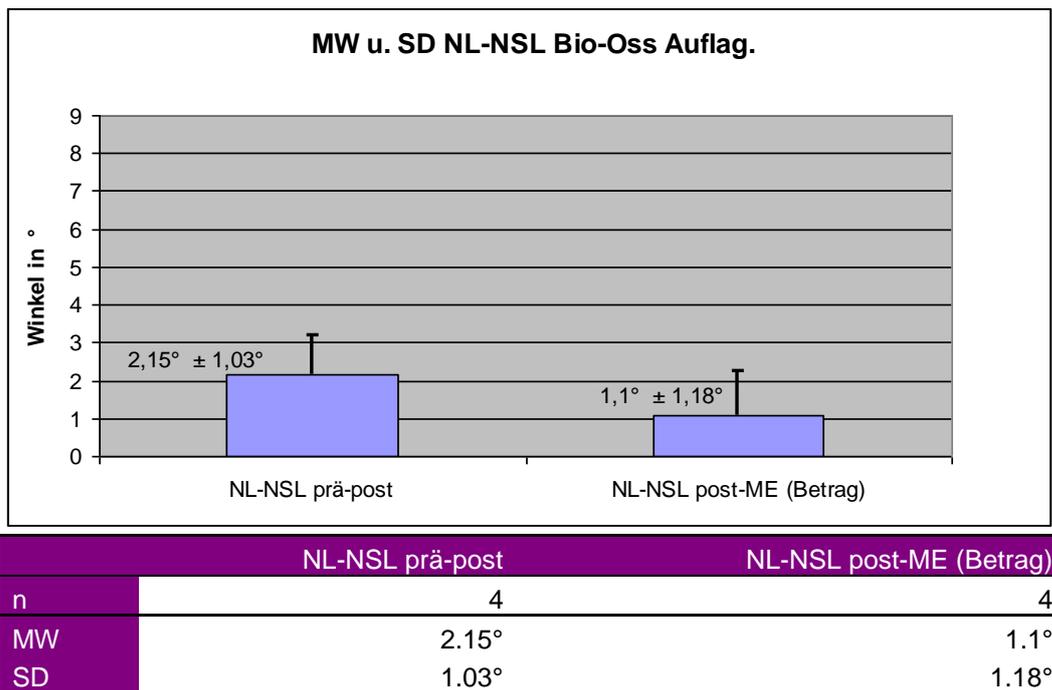
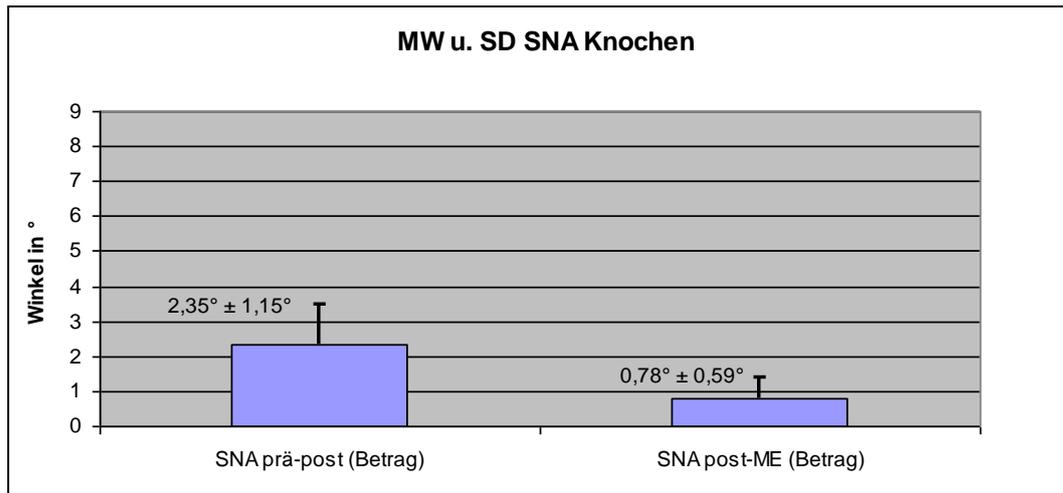
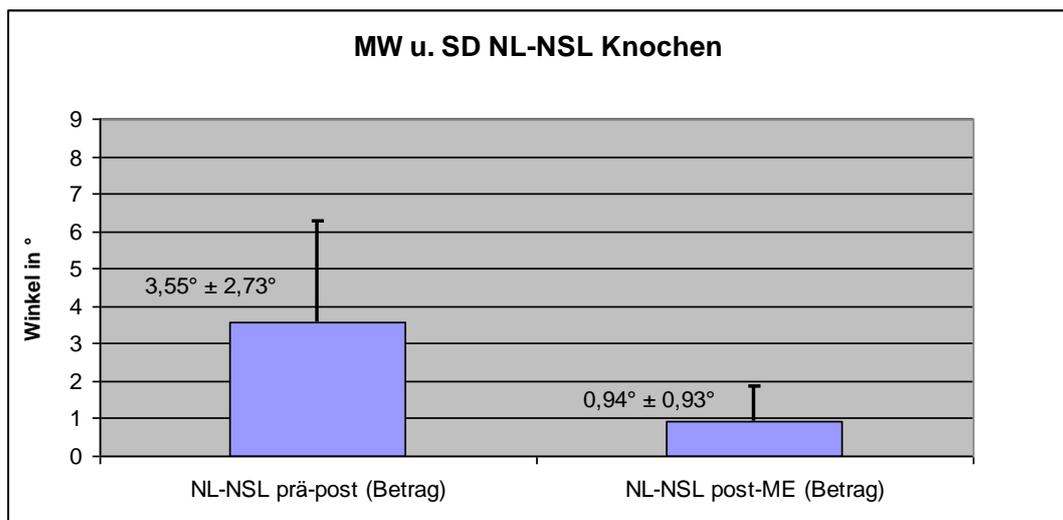


Abb. 14: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der NL-NSL-Winkelveränderung postoperativ und nach der ME. Nur 4 von 5 Pat., da die postop. FRS Aufnahmen des Pat. Nr. 15 leider nicht auffindbar waren.



	SNA prä-post	SNA post-ME (Betrag)
n	8	8
MW	2.35°	0.78°
SD	1.15°	0.59°

Abb. 15: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der SNA-Winkelveränderung der autologen Knochen-Gruppe (AK-Gruppe) postoperativ und nach der ME.



	NL-NSL prä-post	NL-NSL post-ME (Betrag)
n	8	8
MW	3.55°	0.94°
SD	2.73°	0.93°

Abb. 16: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der NL-NSL-Winkelveränderung der AK-Gruppe postoperativ und nach der ME.

3.5 Histologische Auswertung

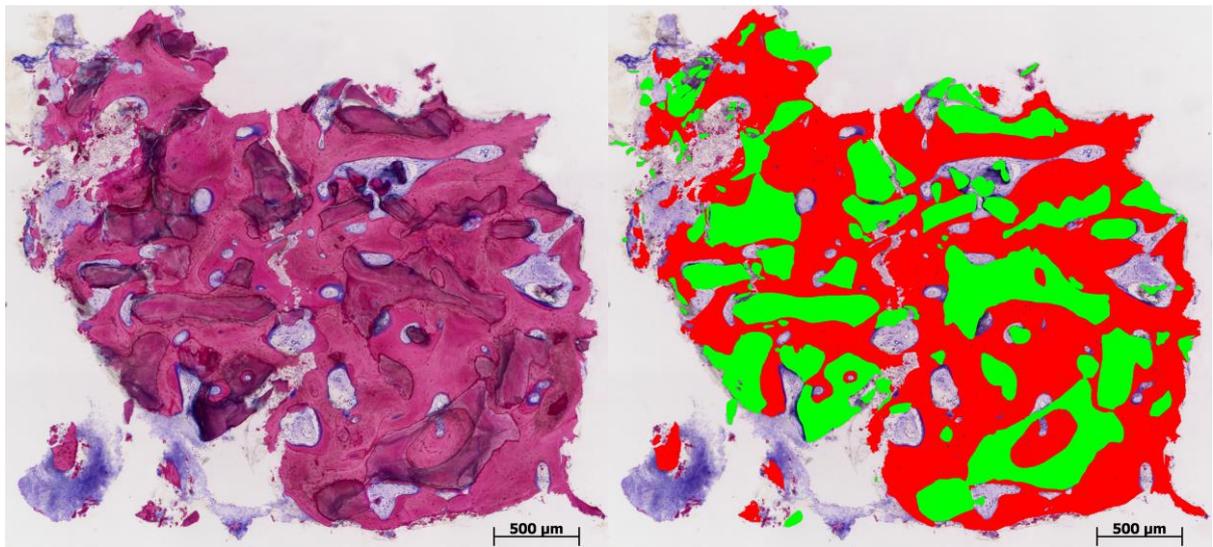
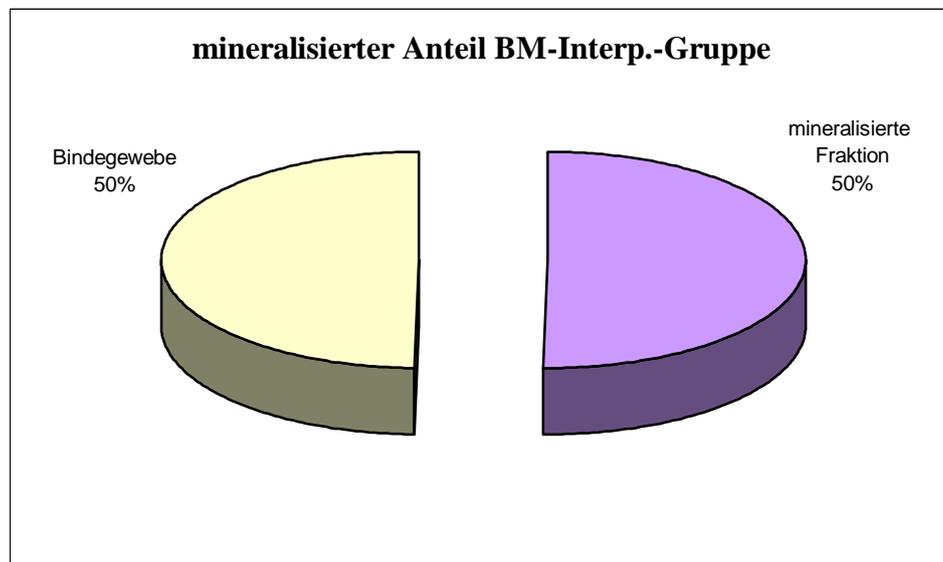
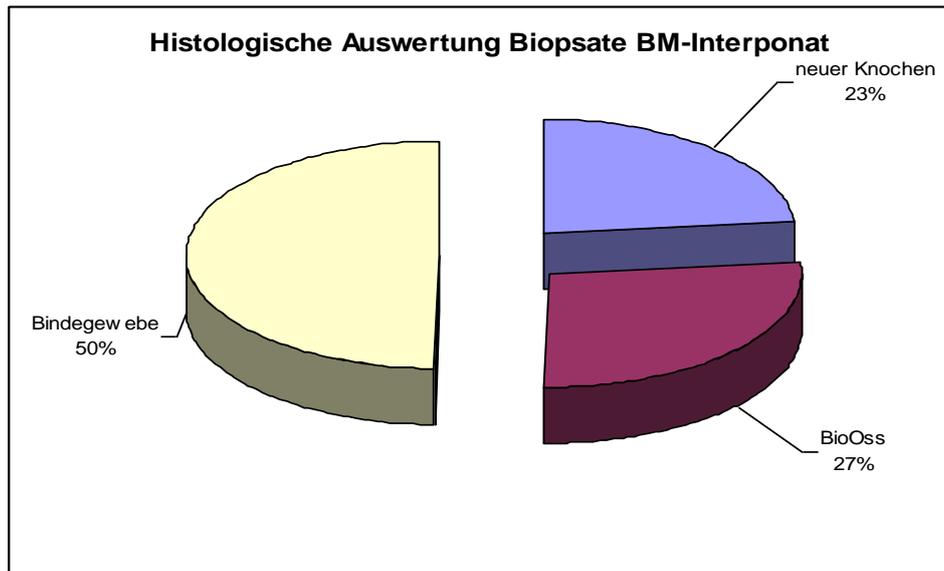


Abb. 17: Präparat einer Biopsie unter
Lichtmikroskop
Pararosanilin-Azur II-Färbung
Dunkel Magenta : Biomaterial
Hell Magenta : neugebildeter Kno-
chen

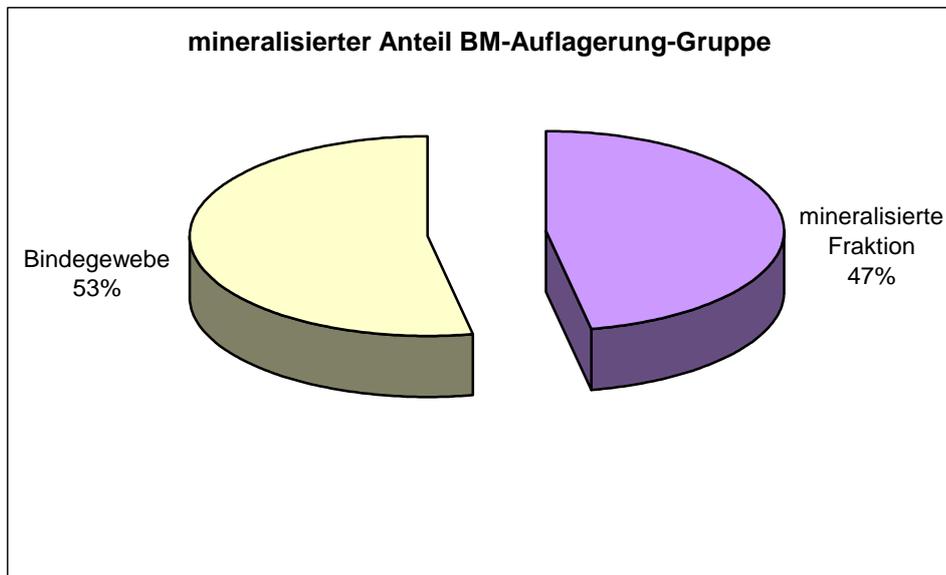
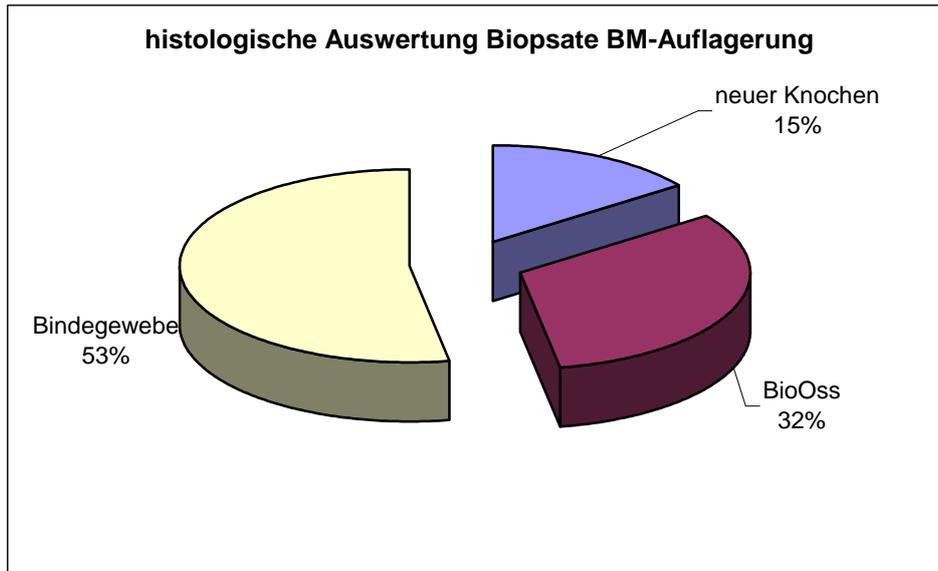
Rot : neugebildeter Knochen
Grün : Biomaterial

Abb. 17 zeigt ein Dünnschliffpräparat mit Färbung nach Richardson, Levai und Laczko. Das Weichgewebe ist mit Azur II (Merck, Darmstadt) gefärbt, der neugebildete Knochen und das Biomaterial mit Pararosanilin (Sigma, Steinheim). Die Bildbearbeitung und Auswertung wurde mit der Software Analysis (Fa. Soft Imaging System, Olympus Germany, Hamburg) durchgeführt.



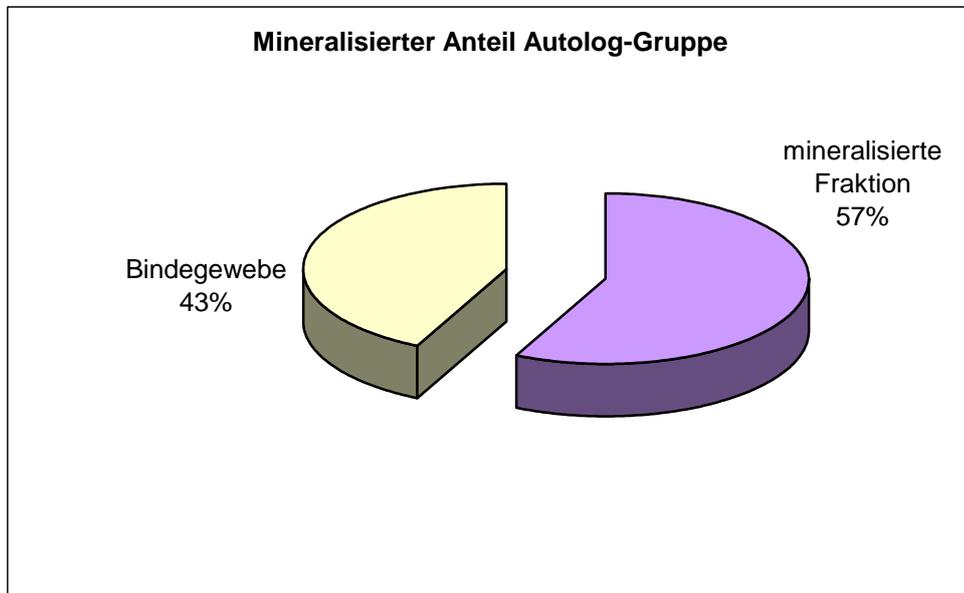
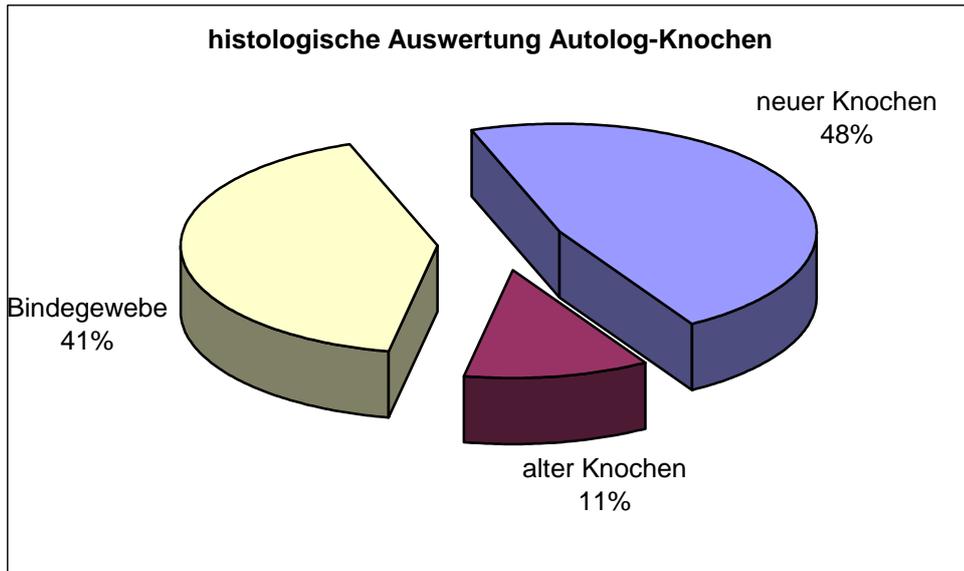
n=12 Angaben [%]	neuer Knochen	BioOss	mineralisierte Fraktion	Bindegewebe	Heilungszeit [Monat]
Mittelwert	23,3	26,9	50,2	49,8	11,8
SD	14,1	7,7	13,2	13,2	3,7

Abb.18: Darstellung des prozentualen Verhältnisses der histologischen Anteile der BMI-Gruppe. Mittelwerte 11 von 12 Patienten nach durchschnittlich 11,8 Monaten. Die Werte von Pat. Nr. 1 wurden nicht berücksichtigt, da das Biomaterial auf Grund einer Infektion nach 3 Monaten entfernt wurde.



n=5 Angaben [%]	neuer Knochen	BioOss	mineralisierte Fraktion	Bindegewebe	Heilungszeit [Monat]
Mittelwert	14,88	32,35	46,48	52,66	14
SD	18,2	10,0	12,3	14,3	10,8

Abb.19: Darstellung des prozentualen Verhältnisses der histologischen Anteile der BMA-Gruppe.



n=8 Angaben [%]	neuer Knochen	alter Knochen	mineralisierte Fraktion	Bindegewebe	Heilungszeit [Monat]
Mittelwert	48,65	11,87	57,08	42,92	11,25
SD	27,8	9,4	20,6	20,6	4,62

Abb.20: Darstellung des prozentualen Verhältnisses der histologischen Anteile der AK-Gruppe.

3.6 Patientenzufriedenheit

	Bio-Oss Interponat (n=12)			Bio-Oss Auflagerung (n=5)			Knochen (n=8)		
	sehr gut	gut	unzufrieden	sehr gut	gut	unzufrieden	sehr gut	gut	unzufrieden
Ästhetik	91,66%	8,33%	0%	80%	20%	0%	87,50%	12,50%	0%
Okklusion	83,33%	8,33%	5,55%	80%	20%	0%	87,50%	12,50%	0%
Atmung	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%
Kaufunktion (KG-Beschwerden)	50,00%	33,33%	17%	60%	40%	0%	75%	25%	0%
Mittelwert	81,25%	12,50%	5,55%	80,00%	20,00%	0,00%	87,50%	12,50%	0,00%

Tab. 5: Darstellung des prozentualen Anteils der Patienten aus den 3 Gruppen zu den erfragten Zufriedenheitsparametern (Ästhetik, Okklusion, Atmung, Kaufunktion). Diese Parameter konnten von jedem Patient mit „sehr gut“, „gut“ oder „unzufrieden“ beantwortet werden.

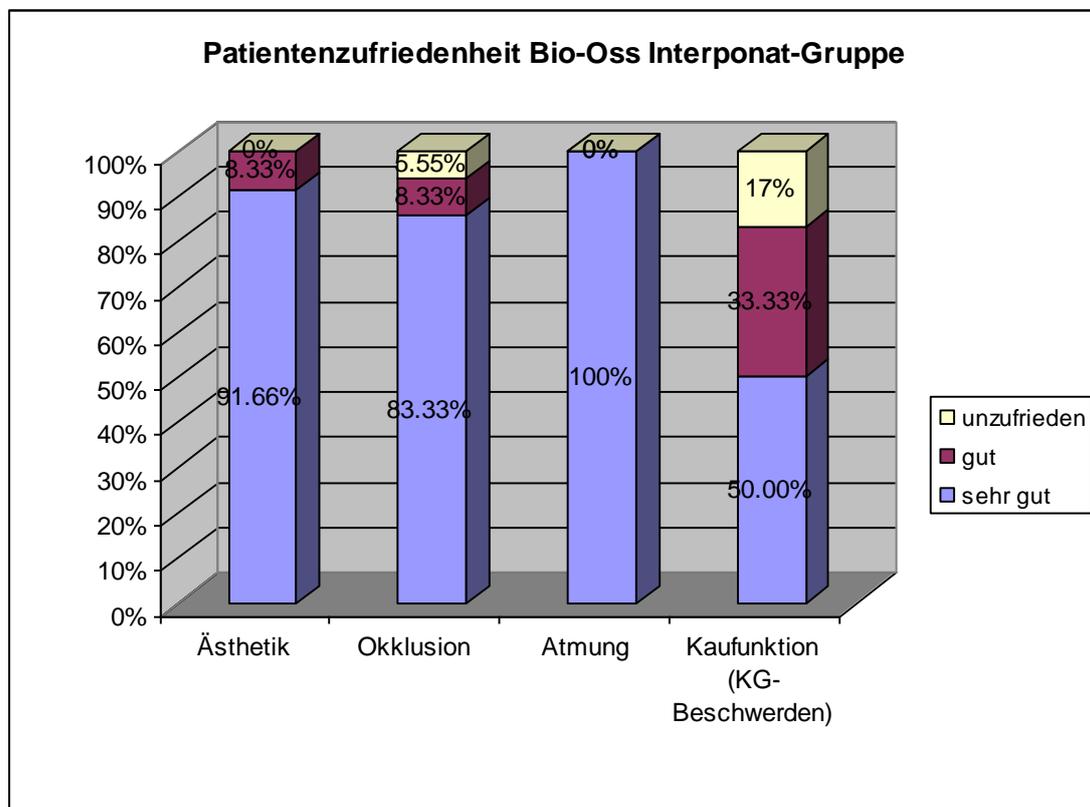


Abb. 21: Säulendiagramm zur Darstellung der Patientenzufriedenheit in der BMI-Gruppe zu den Parametern Ästhetik, Okklusion, Atmung und Kaufunktion.

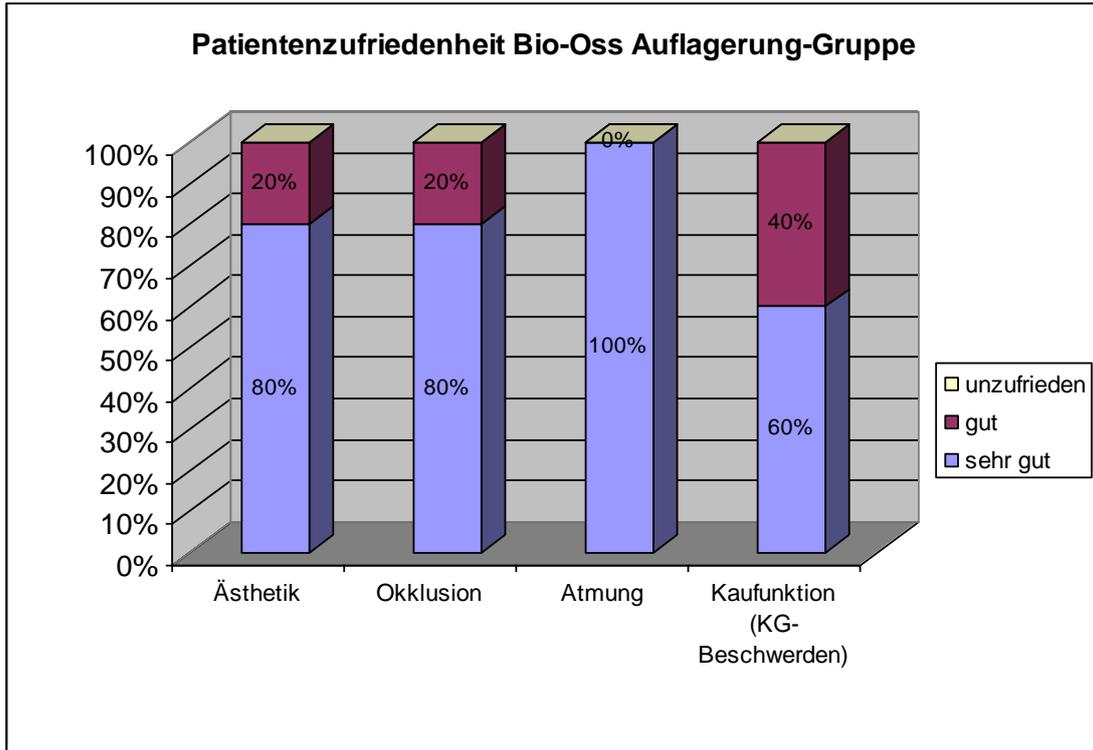


Abb. 22: Säulendiagramm zur Darstellung der Patientenzufriedenheit in der BMA-Gruppe zu den Parametern Ästhetik, Okklusion, Atmung und Kaufunktion.

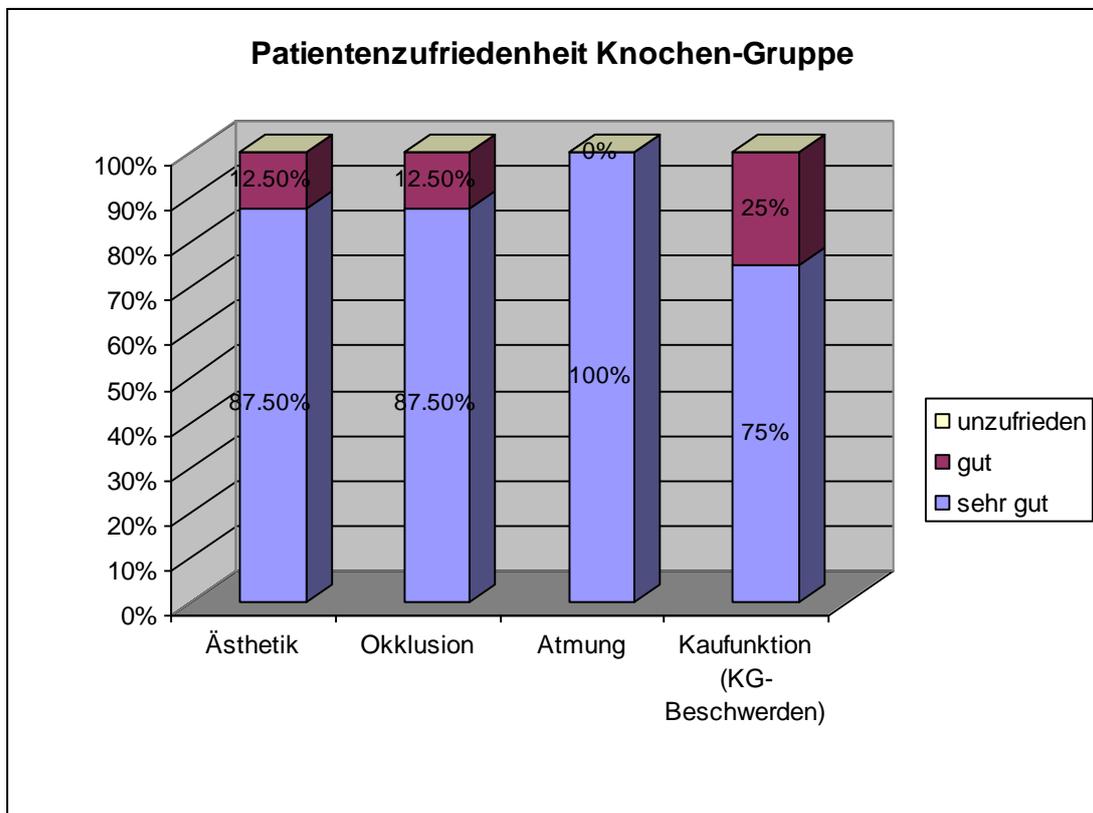


Abb. 22: Säulendiagramm zur Darstellung der Patientenzufriedenheit in der BMA-Gruppe zu den Parametern Ästhetik, Okklusion, Atmung und Kaufunktion.

4 Diskussion

4.1 Indikationen der LeFort I Osteotomie

Die kombinierte kieferorthopädische-kieferchirurgische Behandlung dient der Korrektur von schwergradigen Kieferfehlstellungen, die nicht durch eine isolierte kieferorthopädische Therapie behoben werden können. Patienten, bei denen eine unharmonische Kieferfehlstellung früh auffällig ist, z.B. bei Kinder im präpubertärem Wachstumsstadium kann eine Progenie oder ein maxilläres Defizit durch extraorale Apparaturen wie eine Kopf-Kinn-Kappe frühzeitig beeinflusst werden. Wird dies versäumt oder die Behandlung durch außerplanmäßige Faktoren, wie Non-Compliance, verhindert, ist nach Wachstumsabschluss eine kieferchirurgische Korrektur indiziert. In der Regel ist das Schädelwachstum bei weiblichen Patienten mit dem 18. Lebensjahr, bei männlichen erst mit dem 21., abgeschlossen (Susanne et al., 1985). Bei zwei 18-jährigen Patienten wurde in der vorliegenden Studie zur Sicherstellung des abgeschlossenen Wachstums eine Handröntgenaufnahme durchgeführt.

4.2 Standardisierung des Verfahrens

Das Haupteinschlusskriterium war eine indizierte LeFort I-Vorverlagerung bei Patienten mit maxillärem Defizit und Klasse III Okklusion. Andere Einschlusskriterien waren ein abgeschlossenes Schädelwachstum und gesunde Patienten ohne Stoffwechselerkrankungen der Knochen. Bruxerpatienten waren von der Studie ausgeschlossen. Alle teilnehmenden Patienten waren in einem guten Allgemein- und Ernährungszustand.

Sie wurden standardmäßig von demselben OP-Team operiert. Bei allen wurde ein funktionsstabiles Osteosynthesesystem (Fa. Synthes, Matrix Orthognathic, Umkirch, Deutschland) verwendet. Im Oberkiefer erhielten die Patienten für die Fixierung des Biomaterials bzw. des autologen Knochens und des osteotomierten Oberkiefers auf jeder Seite jeweils eine L-4-Lochplatte und eine 4-Lochplatte im Bereich des Nasenpfeilers und der Cresta zygomatica.

4.3 Vermeidung von Morbidität

Die Anwendung von Knochenersatzmaterial in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie zielt darauf die Morbidität einer Entnahmestelle zu vermeiden (Marx and Morales, 1988). Obwohl der stationäre Aufenthalt der Patienten in beiden Hauptgruppen ungefähr gleich war (ca. 9 Tage für die BM-Gruppe und ca. 10 Tage für die AK-Gruppe), ändert dies nicht die Tatsache, dass die Patienten der AK-Gruppe eine zweite Wundstelle am Körper haben und zusätzliche Risiken –auch wenn nur geringe- eingegangen sind. Der Gebrauch von Ersatzmaterial und die Einschränkung der Indikationen des Autologknochens ist bisher Trend der Forschung der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Ahlmann et al., 2002; Keller and Triplett, 1987; Kessler et al., 2005).

4.4 Auswahl von Bio-Oss als Ersatzmaterial

Das bovine Biomaterial Bio-Oss hat in vielen Studien großen Erfolg gezeigt. Zahnärzte und Kieferchirurgen sind äußerst zufrieden mit der leichten Handhabung des Materials sowie mit den positiven Langzeitergebnissen (Artzi et al., 2001; Somanathan and Simunek, 2006; Traini et al., 2007). Bis zum heutigen Datum sind keine Studien über die Anwendung des Biomaterials in der Dysgnathiechirurgie veröffentlicht worden. Die Pubmed-Recherche ergab bis zum Stichtag 11.07.2012 für die Suchfunktion [Bio-Oss AND orthognathic] Null Treffer. Daher war es interessant zu untersuchen, ob das Ersatzmaterial in der Interposition als Alternative zu autologen Knochen in Lefort I Osteotomiespalten geeignet ist.

4.5 Vergleichsstudien mit anderem xenogenen Knochenersatzmaterial

Die vorliegende Arbeit beschreibt zum ersten Mal in einer prospektiven, randomisierten Studie die Anwendung von Bio-Oss in der Überbrückung von LeFort I-Osteotomiespalten. Das Einwachsen der Blöcke und die Neubildung von Knochen zwischen den Kiefersegmenten konnten hier histologisch mit Werten von 23,3 % \pm 14 % nach 11,8 Monaten Einheilzeit in der Interpositionsgruppe und 14,9 % \pm 18,2 %

nach 11,3 Monaten in der Auflagerungsgruppe gesichert werden. Vergleichsweise ergab sich in den beiden Studien von Ayers und Holmes für neugebildeten Knochen $23 \pm 7\%$ nach durchschnittlich 32 Monaten bzw. 18 % neugebildeter Knochen nach 9,3 Monaten. Die Biopsien wurden -beispielsweise in der Studie von Ayers- bei 17 Patienten nach durchschnittlich 32 Monaten postoperativ entnommen (Ayers et al., 1998; Holmes and Hagler, 1988b). Der neugebildete Knochen lag im Bereich von 7 % bis 31 % (Durchschnitt 23 %). In der vorliegenden Studie lagen diese Werte zwischen 0% und 53,4 % (Durchschnitt 23,3 %). Diese große Schwankung ist damit zu begründen, dass bei manchen Patienten der Oberkiefer so konsolidiert war, dass intraoperativ das eingelegte Biomaterial von Knochen überwachsen und nicht mehr erkennbar war und die Trepanbohrung diesen verfehlte bzw. nur am Rand erfasste. Dadurch steigen die histologischen Anteile des neugebildeten Knochens und sinken die Anteile des Biomaterials in der Biopsie. In anderen Biopsien war dieses Verhältnis umgekehrt: Das Biomaterial war mit hohen Anteilen vertreten, Neuknochen nur mit sehr geringem Anteil. Beispiel hierfür ist der Patient Nr.3 in der BMI-Gruppe (siehe Anhang Tab. 6). Die Begründung dafür, ist, dass das Blockimplantat nicht überall gleichmäßig durchbaut war. Holmes beschreibt, dass der eingewachsene Knochen im Biomaterialblock überall gleichmäßig war, außer an den Teilen des Blocks, die aus den Wänden des Knochendefekts in das benachbarte Weichgewebe ragten. Die histologischen Anteile der meisten Biopsien der Interpositionsgruppe sind jedoch ausgewogen; der Medianwert 24,8 und der Mittelwert 23,3 liegen sehr nah beieinander.

Sehr ähnliche Ergebnisse werden in Tierstudien demonstriert. Die Knochenneubildung in dem korallinen Blockhydroxyapatiten werden von Holmes in einer Tierstudie am Hund mit einem prozentualen Anteil von 23.9 % belegt (Holmes and Hagler, 1988a). Chen verwendete dasselbe bovine Biomaterial (Bio-Oss), wie in der vorliegenden Studie, an Kaninchen und beschreibt histologische Anteile von Neuknochen von 14.2 %-25 % in der 6. Woche (Chen et al., 1996).

Die spezifische Oberfläche des in dieser Studie verwendeten bovinen Biomaterials (Bio-Oss; $79,7 \text{ m}^2/\text{g}$) ist ca. 30 mal höher als das in den bisher genannten Studien von Holmes Wardrop und Wolford verwendete koralline Biomaterial (Interpore 200; $2,64 \text{ m}^2/\text{g}$) (siehe Abb. 23) (Weibrich et al., 2000). Die höhere Porosität lässt

verhältnismäßig mehr Knochenneubildung in den Bimaterialblöcken erwarten. Interessanterweise war dies nicht zu beobachten. Die Werte sind wie vorhin diskutiert sehr nahe beieinander. Die Frage, ob eine direkte Proportionalität zwischen Porosität bzw. Oberflächenspezifität eines Biomaterials und das Maß der Knochenneubildung könnte weiteres Forschungsthema sein.

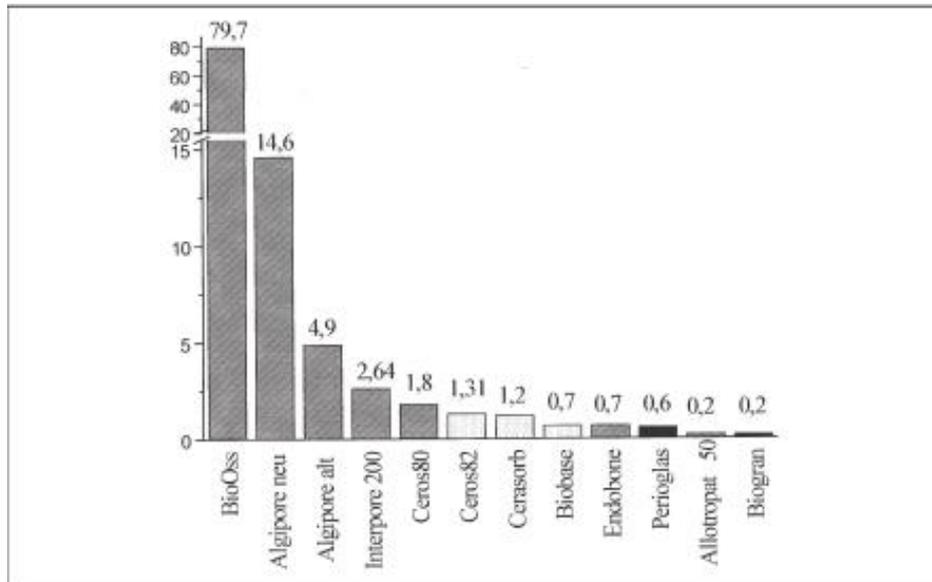


Abb. 23: Darstellung der Oberflächenspezifität verschiedener Knochenersatzmaterialien aus der Studie (Weibrich et al., 2000).

4.6 Vergleichsstudien mit autologem Beckenknochen in LeFort I Osteotomien

Viele Patienten zeigen bei Aufklärungsgesprächen eine Abneigung gegen eine zweite Operationsstelle am Becken. Die Risikoliste beinhaltet Hämatombildung, Parästhesien und Gehbeschwerden. Bei einem elektiven Eingriff zur Verbesserung der Gesichtsharmonie und -ästhetik geht man nur sehr ungern Risiken ein, die lebensqualitative Funktionen beeinträchtigen können. Die Frage nach einem alternativen Ersatz wird an diesem Punkt immer dringlicher.

Heute setzt die Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie hohe Erwartungen an die entwickelten Knochenersatzmaterialien. Nach einer reizlosen und biokompatiblen Heilung sollte die Integration mit dem körpereigenen Knochen bzw. der Umbau in diesen gegeben sein. Für langzeitliche Ergebnisse sind eine hohe Bestandhaftigkeit und Resorptionsstabilität erforderlich. Ebenso muss das Material eine gewisse

mechanische Festigkeit und Widerstandsfähigkeit haben, um den kaufunktionellen Kräften Stand zu halten (Meijndert et al., 2005)

Nach Block und Kent (1997) sollte das ideale Augmentationsmaterial osteokonduktiv, osteoinduktiv und volumenstabil sein (Block and Kent, 1997). Eine Entscheidung über den Gebrauch von Bio-Oss oder Autologknochen in Dysgnathiespalten sollte von der klinischen Situation abhängig sein. Hier spielt die gebrauchte Augmentationsmenge und Verfügbarkeit, der Allgemeinzustand und die Mitentscheidung des/der Patient/in über eine Narbe in der Bikinizone eine wichtige Rolle.

Autogener Knochen gilt aufgrund der osteogenetischen, osteoinduktiven und –konduktiven Eigenschaften unbestritten als Goldstandard bei Augmentationen. Als extraorale Entnahmestelle wird in der Abteilung der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie der Universität Freiburg der anteriore Beckenkamm bevorzugt. Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie kann man entnehmen, dass sowohl Bio-Oss mit 50 % als auch autologer Beckenknochen mit 57 % sehr ähnliche mineralisierte Anteile in den Biopsien zeigte.

4.7 Patientenverteilung und Zufriedenheit

Die Erfragung der Patientenzufriedenheit wurde nach mindestens 6 Monaten bzw. zum Zeitpunkt der Untersuchungen vor oder nach der Entfernung des Osteosynthesematerials erfragt. Bei manchen Patienten wurde aus logistischen Gründen nur telefonisch nach der Zufriedenheit mit Ästhetik, Okklusion, Atmung und Kaufunktion gefragt. Aus der Tabelle 5 erkennt man die hohen Zufriedenheitsrate für Ästhetik und Okklusion (BMI-Gruppe: 91,6 %, BMA-Gruppe: 80 %, AK-Gruppe 87,5 % für ästhetische Zufriedenheit; BMI-Gruppe: 83,3 %, BMA-Gruppe: 80 %, AK-Gruppe 87,5 % für die Zufriedenheit über die eingestellte Bissstellung). Keiner der Patienten gab Atmungsschwierigkeiten prä- oder postoperativ an.

Die allgemeine Zufriedenheit der Patienten nach Dysgnathiechirurgien wird in der Literatur mit hohen Prozentualwerten beschrieben. In einer Studie von Finlay sind 87 % der Patienten mit dem ästhetisch-funktionellen Ergebnis zufrieden. Nur 13 % -also 5 von 38 Patienten- waren unzufrieden. Als Gründe gibt Finlay das höhere

Abschneiden in den Neurotizismuswerten in den EPI-Test (Eysenck Personality Inventory) an (Finlay et al., 1995). Dieser Psychoanalyse-Test wurde bei den Patienten der vorliegenden Studie nicht durchgeführt. Oland gab in seiner Studie eine allgemeine Zufriedenheit der Patienten von 90,2 % an (Oland et al.). Bei der BMA- und AK-Gruppe gab kein Patient Unzufriedenheit an, während im Durchschnitt 5,6 % der BMI-Gruppensich unzufrieden äußerten. Der 55-jährige Patient Nr.6 im war zum Zeitpunkt der Befragung im Oberkiefer teilweise zahnlos und noch nicht definitiv prothetisch versorgt war. Patient Nr.1 in der BMI-Gruppe entwickelte 3 Monate postoperativ ein Spätabzess und Pseudarthrose. Bei beiden war die Kaueffizienz beeinträchtigt, besserte sich jedoch im Verlauf der Weiterbehandlung.

4.8 Postoperative Stabilität

Für die kephalometrische Analyse wurde der SNA-Winkel gewählt. Die Wahl des A-Punktes hat bei der Vermessung Vor- und Nachteile. Der Vorteil des A-Punktes liegt in seiner Eigenschaft als skelettaler Punkt. Er wird nicht direkt durch die postoperative kieferorthopädische Justierung beeinflusst. Der Nachteil besteht darin, dass der A-Punkt auf der knöchernen Konkavität unterhalb der Spina nasalis anterior liegt und durch das Augenmaß des Vermessers gewählt wird. Bei verschiedenen Vermessern können auf der genannten Konkavität unterschiedliche A-Punkte definiert werden, was die Werte stärker schwanken lässt.

Der UPI-Punkt (Inzisalpunkt des oberen Schneidezahns) ist in dieser Hinsicht leichter und genauer zu definieren, ist jedoch postoperativ den orthopädischen Kräften direkt ausgesetzt. Da er ein dentaler Bezugspunkt ist, kann der UPI-Punkt sich bei KFO-Behandlung verändern, ohne dass sich die skelettalen Verhältnisse ändern.

Die FRS-Analysen und Auswertung der gemessenen Winkel SNA und NL-NSL zeigten bei allen Patienten beider Gruppen kaum Unterschiede. In der Literatur ist die postoperative Stabilität nach Dysgnathiechirurgie gründlich diskutiert worden. Es wurden Beobachtungen nach mono- und bimaxillärer Chirurgie mit und ohne kieferorthopädischer Nachbehandlung beschrieben.

In einer Studie von Carlotti und Schendel mit 30 Patienten machten sie die kieferorthopädische Nachbehandlung für 75 % der postoperativen Veränderungen verantwortlich (Carlotti and Schendel, 1987). Sie folgerten aus ihrer Studie, dass eine

Drahtosteosynthese und Knochenaugmentation bei Oberkieferverlagerung von bis zu 11 mm für eine skelettale Stabilität ausreichend ist.

Louis et al. untersuchten 1993 Oberkieferverlagerungen und stellten fest: Je größer die Vorverlagerung, desto größer ist auch der Rückfall - jedoch ohne statistischen signifikanten Unterschied zwischen den nach Größe der Vorverlagerung unterteilten Gruppen. Alle Patienten aus seiner Studie bekamen Miniplatten im Oberkiefer und Bikortikalschrauben im Unterkiefer (Louis et al., 1993).

Bothur et al. untersuchten ebenso die postoperative Stabilität bei mono- und bignath operierten Patienten und stellten zwischen beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied fest. Zudem folgerten sie, dass eine nicht rigide Fixation die Notwendigkeit der postoperativen kieferorthopädischen Feineinstellung reduziert (Bothur et al., 1998).

In einem Review von Richardson et al. beschreiben die Autoren die anteriore und inferiore Verlagerung des Oberkiefers als die unstabilsten. Deshalb empfiehlt er in diesen Fällen rigideren und größeren Osteosynthesplatten (Van Sickels and Richardson, 1996).

Die durch die chirurgische Oberkieferverlagerung erreichte Änderung des SNA-Winkels in der vorliegenden Prototionsarbeit veränderte sich in der durchschnittlich 11-14-monatigen postoperativen Beobachtungsphase um $0,9^\circ$ (20 %) in der Interpositionsgruppe, um $1,4^\circ$ (30,3 %) in der Auflagerungsgruppe und um $0,8^\circ$ (33 %) in der Knochengruppe. Das bedeutet, dass vom Betrag der in der Operation erreichten Vorverlagerung ca. 80 bis 67 % stabil erhalten bleiben. In der Literatur sind Werte von 10 % in der Studie von Hoffman 2004 beschrieben. Allerdings wird in der Dissertation von Dr. med.dent David aus der Münster Universität 2004 eine Rezidivrate von 35,4 % ausgewertet. In den Studien von Obwegeser und Willmar wurde ein Rezidiv von 0 % bis 5 % in der Gruppe mit Augmentat in der Le Fort I-Ebene gemessen (Obwegeser, 1967; 1969; Willmar, 1974). Während bei Araujo bei Patienten ohne Augmentation eine Regression zwischen 31 % und 68 % beobachtete (Araujo et al., 1978). Teuscher und Sailer meinten keine Veränderung der Maxillaposition nach mindestens einem Jahr bei 16 Patienten gesehen zu haben, obwohl die Oberlippe 44 % ihrer anterioren Position im ersten Jahr verlor (Teuscher

and Sailer, 1982). Die Operationstechniken in den genannten Studien bleiben unklar, ebenso, ob eine starre maxillomandibuläre Fixation postoperativ vorhanden war. In der vorliegenden Studie waren leichte postoperative Veränderungen für die Feineinstellung der Okklusion gewünscht. Die Gummizüge sollten die osteotomierten Kiefer innerhalb der ersten 2 postoperativen Wochen in eine harmonischer Okklusion ziehen. Ferner sorgten kieferorthopädische Kräfte für feinere Okklusion. Eine „skelettale Instabilität“ ist daher im ersten postoperativen Jahr im Sinne einer korrekten Okklusionseinstellung ein Vorteil. Dies zeigte sich bei Auswertung der Okklusion zum Zeitpunkt der Metallentfernung; nur 2 von insgesamt 25 Patienten waren mit der Okklusion wegen unvollendeter Prothetischen Versorgung und einer Pseudarthrose unzufrieden.

Über den Einfluss von unkontrollierbaren Variablen wie Geschlecht, Alter, Grad der Vorverlagerung und simultaner Vorverlagerung des Unterkiefers, berichteten Hoffman et al. Diese Faktoren haben keinen Einfluss auf die postoperative Stabilität (Hoffman and Brennan, 2004).

4.9 Methodische Fehler

Um methodische Fehler möglichst zu vermeiden mussten einige Maßnahmen eingehalten werden. Standardeinstellungen des FRS-Aufnahmegeräts lagen bei 78-82 kV und 12-14 mA für 9,9 s. Das Aufnahmegerät ist mit einem integrierten Aluminiumfilter ausgestattet, so dass eine hohe Bildqualität gesichert ist.

Die Punktbestimmung und Vermessung erfolgten bei allen Patienten von einer Person an der Software Fr-win. Somit konnten unterschiedliche Punktdefinitionen, wie es bei verschiedenen Vermessern passieren kann, vermieden werden.

5 Schlussfolgerung

Die Schlusszüge dieser Arbeit können in folgenden Punkten erfasst werden:

1. Die Oberkieferverlagerung in der Le Fort I-Ebene ist ein stabiles, erfolgsversprechendes und operativ vorhersehbares Verfahren.
2. In den ersten 12 postoperativen Monaten ist eine Bewegung des Oberkiefers Richtung anterior oder posterior zur Feineinstellung der Okklusion durch Gummizüge oder kieferorthopädische Krafteinwirkung möglich.
3. Eine durch Gummizüge kontrollierte skelettale Instabilität von 20% bis 33% im ersten postoperativen Jahr führt zu guten klinischen Ergebnissen.
4. Die Interposition von bovinen Biomaterialblöcken in den Le Fort I-Osteotomiespalten hat sich durch die klinisch-histologischen Untersuchungen als Alternative für den autologen Beckenknochen erwiesen. Die Entnahmemorbidität kann somit dem Patienten erspart werden.

6 Zusammenfassung

In dieser Studie wurde die Eignung von bovinem Knochenersatzmaterial in Blockform zur Überbrückung von Le Fort I-Osteotomiespalten als Alternative für autologen Beckenknochen histomorphometrisch, radiologisch und klinisch getestet.

25 Patienten (12 m, 13 w) wurden in 2 Gruppen aufgeteilt: autologe Knochen-Gruppe (AK-Gp.) n=8 (5 ♂, 3 ♀) im Alter von durchschnittlich 28,25 J (19-44J); und die Biomaterial-Gruppe (BM-Gp) -aufgeteilt in BM-Interposition n=12 (5 ♂, 7 ♀) und BM-Auflagerung n=5 (2 ♂, 3 ♀) mit einem Gesamtdurchschnittsalter von 28,05 Jahren (18-55J).

Trepanbiopsien zur histomorphometrischen Untersuchung des eingelagerten Materials wurden bei der Metallentfernung bei der AK-Gruppe nach $11,3 \pm 4,6$ Monaten, bei der BMI-Gruppe nach $11,8 \pm 3,7$ Monaten und bei der BMA-Gruppe nach $14 \pm 10,8$ Monaten durchgeführt. Die Vorverlagerung des A-Punktes wurde kephalometrisch an den prä- und postoperativen Fernröntgenseitenaufnahmen (FRS) ausgewertet.

Der A-Punkt wurde in Interpositionsgruppe um $3,6^\circ \pm 1,22^\circ$ in der Auflagerungsgruppe um $4,7^\circ \pm 3,47^\circ$ und in der Knochengruppe um $2,35^\circ \pm 1,15^\circ$ vorgelagert.

Histomorphometrisch zeigten sich die mineralisierten Anteile der Biopsien in der AK-Gruppe bei 57,1 % ($\pm 20,5$ %) und in der BMI-Gruppe 50,2% ($\pm 13,2\%$), davon waren 24,23 % ($\pm 15,95$ %) neugebildeter Knochen. Die BMA-Gruppe zeigte 46,5 % ($\pm 12,28$ %) mineralisierten Anteil, von denen 15 % neuer Knochen war. Kephalmetrisch wurde zur Zeit der Metallentfernung eine Stabilitätsveränderung bei der BMI-Gruppe um 20,5 %, bei der BMA-Gruppe um 30,3 % und bei der Knochengruppe um 33 % gemessen.

Das Ausmaß der Vorverlagerung und der Verknöcherungsgrad in den LeFort I-Osteotomiespalten waren in beiden Hauptgruppen vergleichbar.

Die Anwendung von Bio-Oss Blöcken in Osteotomiespalten der Le Fort I-Ebene ist möglich und stellt gegenüber dem Goldstandard des autologen Knochens in der Dysgnathiechirurgie eine erfolgsversprechende Alternative dar.

7 Literaturverzeichnis

Aebi M. 1991. Biologischer oder artifizieller Knochenersatz? In: Huggler AH, Kuner EH (Hrsg): Aktueller Stand beim Knochenersatz, Hefte zur Unfallheilkunde 216. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 1-9.

Ahlmann E, Patzakis M, Roidis N, Shepherd L, Holtom P (2002). Comparison of anterior and posterior iliac crest bone grafts in terms of harvest-site morbidity and functional outcomes. *J Bone Joint Surg Am* 84-A(5):716-20.

Araujo A, Schendel SA, Wolford LM, Epker BN (1978). Total maxillary advancement with and without bone grafting. *J Oral Surg* 36(11):849-58.

Artzi Z, Nemcovsky CE, Tal H (2001). Efficacy of porous bovine bone mineral in various types of osseous deficiencies: clinical observations and literature review. *Int J Periodontics Restorative Dent* 21(4):395-405.

Artzi Z, Dayan D, Alpern Y, Nemcovsky CE (2003). Vertical ridge augmentation using xenogenic material supported by a configured titanium mesh: clinicohistopathologic and histochemical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18(3):440-6.

Ayers RA, Simske SJ, Nunes CR, Wolford LM (1998). Long-term bone ingrowth and residual microhardness of porous block hydroxyapatite implants in humans. *J Oral Maxillofac Surg* 56(11):1297-301; discussion 1302.

Aziz SR (2004). Simon P. Hullihen and the origin of orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 62(10):1303-7.

Axhausen C. (1908). Die histologischen und klinischen Gesetze der freien Osteoplastik auf Grund von Tierversuchen. *Langenbecks Arch Klin Chir.*;88:23-145.

Bayat M, Khobyari MM, Dalband M, Momen-Heravi F Full mouth implant rehabilitation of a patient with ectodermal dysplasia after orthognathic surgery, sinus and ridge augmentation: a clinical report. *J Adv Prosthodont* 3(2):96-100.

Bell WH, Fonseca RJ, Kenneky JW, Levy BM (1975). Bone healing and revascularization after total maxillary osteotomy. *J Oral Surg* 33(4):253-60.

Bell WH, Jacobs JD (1980). Surgical-orthodontic correction of maxillary retrusion by Le Fort I osteotomy and proplast. *J Maxillofac Surg* 8(2):84-94.

Bell WH, Mannai C, Luhr HG (1988). Art and science of the Le Fort I down fracture. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 3(1):23-52.

Bidgoli SJ, Dumont L, Mattys M, Mardirosoff C, Damseaux P (1999). A serious anaesthetic complication of a Lefort I osteotomy. *Eur J Anaesthesiol* 16(3):201-3.

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

Block MS, Kent JN (1997). Sinus augmentation for dental implants: the use of autogenous bone. *J Oral Maxillofac Surg* 55(11):1281-6.

Bothur S, Blomqvist JE, Isaksson S (1998). Stability of Le Fort I osteotomy with advancement: a comparison of single maxillary surgery and a two-jaw procedure. *J Oral Maxillofac Surg* 56(9):1029-33; discussion 1033-4.

Carlotti AE, Jr., Schendel SA (1987). An analysis of factors influencing stability of surgical advancement of the maxilla by the Le Fort I osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 45(11):924-8.

Chen L, Klaes W, Assenmacher S (1996). [A comparative morphometric and histologic study of five bone substitute materials]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 76(7):527-30.

Cottrell DA, Wolford LM (1998). Long-term evaluation of the use of coralline hydroxyapatite in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 56(8):935-41; discussion 941-2.

Dal Pont G (1959). [Retro-molar osteotomy for correction of prognathism]. *Minerva Chir* 14(1138-41).

Dinopoulos H, Dimitriou R, Giannoudis PV (2012). Bone graft substitutes: What are the options? *Surgeon* 10(4):230-9.

Epker BN, Friedlaender G, Wolford LM, West RA (1976). The use of freeze-dried bone in middle-third face advancements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 42(3):278-89.

Esser E, Petersen LM (1991). [Studies following Wassmund osteotomy in the modified down-fracture technic]. *Fortschr Kieferorthop* 52(1):44-50.

Finlay PM, Atkinson JM, Moos KF (1995). Orthognathic surgery: patient expectations; psychological profile and satisfaction with outcome. *Br J Oral Maxillofac Surg* 33(1):9-14.

Foitzik C, Staus H (2003). Le Fort I osteotomy in atrophied maxilla and bone regeneration with pure-phase beta-tricalcium phosphate and PRP. *Implant Dent* 12(2):132-9.

Hallman M, Nordin T (2004). Sinus floor augmentation with bovine hydroxyapatite mixed with fibrin glue and later placement of nonsubmerged implants: a retrospective study in 50 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 19(2):222-7.

Hoffman GR, Brennan PA (2004). The skeletal stability of one-piece Le Fort 1 osteotomy to advance the maxilla; Part 2. The influence of uncontrollable clinical variables. *Br J Oral Maxillofac Surg* 42(3):226-30.

Holmes R, Hagler H (1988a). Porous hydroxyapatite as a bone graft substitute in maxillary augmentation. An histometric study. *J Craniomaxillofac Surg* 16(5):199-205.

Holmes RE (1979). Bone regeneration within a coralline hydroxyapatite implant. *Plast Reconstr Surg* 63(5):626-33.

Holmes RE, Hagler HK (1988b). Porous hydroxyapatite as a bone graft substitute in cranial reconstruction: a histometric study. *Plast Reconstr Surg* 81(5):662-71.

Hunsuck EE (1968). A modified intraoral sagittal splitting technic for correction of mandibular prognathism. *J Oral Surg* 26(4):250-3.

Hurzeler MB, Quinones CR, Kirsch A, Schupbach P, Krause A, Strub JR, et al. (1997). Maxillary sinus augmentation using different grafting materials and dental implants in monkeys. Part III. Evaluation of autogenous bone combined with porous hydroxyapatite. *Clin Oral Implants Res* 8(5):401-11.

Jakobsone G, Neimane L, Krumina G Two- and three-dimensional evaluation of the upper airway after bimaxillary correction of Class III malocclusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 110(2):234-42.

Karas ND, Boyd SB, Sinn DP (1990). Recovery of neurosensory function following orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 48(2):124-34.

Keller EE, Triplett WW (1987). Iliac bone grafting: review of 160 consecutive cases. *J Oral Maxillofac Surg* 45(1):11-4.

Kent JN, Zide MF, Kay JF, Jarcho M (1986). Hydroxylapatite blocks and particles as bone graft substitutes in orthognathic and reconstructive surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 44(8):597-605.

Kessler P, Thorwarth M, Bloch-Birkholz A, Nkenke E, Neukam FW (2005). Harvesting of bone from the iliac crest--comparison of the anterior and posterior sites. *Br J Oral Maxillofac Surg* 43(1):51-6.

Krüger, E. (1974): Die operative Behandlung des offenen Bisses durch dreiteilende Osteotomie des Oberkiefers. *Fortschr Kiefer-Gesichtschir* 18: 211-213.

Kuvat SV, Cizmeci O, Bicer A, Marsan G, Hocaoglu E, Bilgic B, et al. (2009). Improving bony stability in maxillofacial surgery: use of osteogenetic materials in patients with profound (> or =5mm) maxillary advancement, a clinical study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 62(5):639-45.

Lawrence JE, Poole MD (1992). Mid-facial sensation following craniofacial surgery. *Br J Plast Surg* 45(7):519-22.

Louis PJ, Waite PD, Austin RB (1993). Long-term skeletal stability after rigid fixation of Le Fort I osteotomies with advancements. *Int J Oral Maxillofac Surg* 22(2):82-6.

Luhr HG, Kubein-Meesenburg D, Schwestka-Polly R (1991). [The importance and technic of temporomandibular joint positioning in the sagittal splitting of the mandible]. *Fortschr Kieferorthop* 52(2):66-72.

Marx RE, Morales MJ (1988). Morbidity from bone harvest in major jaw reconstruction: a randomized trial comparing the lateral anterior and posterior approaches to the ilium. *J Oral Maxillofac Surg* 46(3):196-203.

Meijndert L, Raghoobar GM, Schupbach P, Meijer HJ, Vissink A (2005). Bone quality at the implant site after reconstruction of a local defect of the maxillary anterior ridge with chin bone or deproteinised cancellous bovine bone. *Int J Oral Maxillofac Surg* 34(8):877-84.

Moloney F, Worthington P (1981). The origin of the Le Fort I maxillary osteotomy: Cheever's operation. *J Oral Surg* 39(10):731-4.

Mongiorgi R, Valdre G, Bertocchi G, Minguzzi V, Prati C, Corvo G, et al. (1995). [The characteristics and properties of calcium phosphates in biomaterial formulations used in dentistry. 1]. *Minerva Stomatol* 44(1-2):3-11.

Niederdellmann H, Shetty V (1989). Technical improvements in the sagittal split ramus osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 67(1):25-30.

Obwegeser H (1964). The Indications for Surgical Correction of Mandibular Deformity by the Sagittal Splitting Technique. *Br J Oral Surg* 1(157-71).

Obwegeser H (1970). [The one time forward movement of the maxilla and backward movement of the mandible for the correction of extreme prognathism]. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 80(5):547-56.

Obwegeser HL (1967). Discussion remarks on orthodontic surgery. *Trans Int Conf Oral Surg*:111-2.

Obwegeser HL (1969). Surgical correction of small or retrodisplaced maxillae. The "dish-face" deformity. *Plast Reconstr Surg* 43(4):351-65.

Obwegeser HL (1988). Variations of a standard approach for correction of the bird-face deformity. *J Craniomaxillofac Surg* 16(6):247-65.

Oland J, Jensen J, Elklit A, Melsen B Motives for surgical-orthodontic treatment and effect of treatment on psychosocial well-being and satisfaction: a prospective study of 118 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 69(1):104-13.

Piattelli M, Favero GA, Scarano A, Orsini G, Piattelli A (1999). Bone reactions to anorganic bovine bone (Bio-Oss) used in sinus augmentation procedures: a histologic long-term report of 20 cases in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 14(6):835-40.

- Rakosi und Jonas. (1989). Farbatlanten der Zahnmedizin. Bd. 8: Kieferorthopädie: Diagnostik. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Reuther J (2000). [Orthognathic surgery: corrective bone operations]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4 Suppl 1(S237-48).
- Rosen HM (1989). Porous, block hydroxyapatite as an interpositional bone graft substitute in orthognathic surgery. *Plast Reconstr Surg* 83(6):985-90; discussion 991-3.
- Rosen HM, Ackerman JL (1991). Porous block hydroxyapatite in orthognathic surgery. *Angle Orthod* 61(3):185-91; discussion 192.
- Schlegel KA, Fichtner G, Schultze-Mosgau S, Wiltfang J (2003). Histologic findings in sinus augmentation with autogenous bone chips versus a bovine bone substitute. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18(1):53-8.
- Somanathan RV, Simunek A (2006). Evaluation of the success of beta-tricalciumphosphate and deproteinized bovine bone in maxillary sinus augmentation using histomorphometry: a review. *Acta Medica (Hradec Kralove)* 49(2):87-9.
- Steinhauser EW (1982). Bone screws and plates in orthognathic surgery. *Int J Oral Surg* 11(4):209-16.
- Steinhauser EW (1996). Historical development of orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 24(4):195-204.
- Susanne C, Guidotti A, Hauspie R (1985). Age changes of skull dimensions. *Anthropol Anz* 43(1):31-6.
- Tapety FI, Amizuka N, Uoshima K, Nomura S, Maeda T (2004). A histological evaluation of the involvement of Bio-Oss in osteoblastic differentiation and matrix synthesis. *Clin Oral Implants Res* 15(3):315-24.

Teuscher U, Sailer HF (1982). Stability of Le Fort I osteotomy in class III cases with retropositioned maxillae. *J Maxillofac Surg* 10(2):80-3.

Traini T, Valentini P, Iezzi G, Piattelli A (2007). A histologic and histomorphometric evaluation of anorganic bovine bone retrieved 9 years after a sinus augmentation procedure. *J Periodontol* 78(5):955-61.

Valentini P, Abensur D (1997). Maxillary sinus floor elevation for implant placement with demineralized freeze-dried bone and bovine bone (Bio-Oss): a clinical study of 20 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 17(3):232-41.

Valentini P, Abensur DJ (2003). Maxillary sinus grafting with anorganic bovine bone: a clinical report of long-term results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18(4):556-60.

Van Sickels JE, Richardson DA (1996). Stability of orthognathic surgery: a review of rigid fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg* 34(4):279-85.

Wardrop RW, Wolford LM (1989). Maxillary stability following downgraft and/or advancement procedures with stabilization using rigid fixation and porous block hydroxyapatite implants. *J Oral Maxillofac Surg* 47(4):336-42.

Weibrich G, Trettin R, Gnoth SH, Gotz H, Duschner H, Wagner W (2000). [Determining the size of the specific surface of bone substitutes with gas adsorption]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4(3):148-52.

Willmar K (1974). On Le Fort I osteotomy; A follow-up study of 106 operated patients with maxillo-facial deformity. *Scand J Plast Reconstr Surg* 12(0):suppl 12:1-68.

Wolford LM, Epker BN (1975). The combined anterior and posterior maxillary ostectomy: a new technique. *J Oral Surg* 33(11):842-51.

Wolford LM, Wardrop RW, Hartog JM (1987). Coralline porous hydroxylapatite as a bone graft substitute in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 45(12):1034-42.

Yildirim M, Spiekermann H, Biesterfeld S, Edelhoff D (2000). Maxillary sinus augmentation using xenogenic bone substitute material Bio-Oss in combination with venous blood. A histologic and histomorphometric study in humans. *Clin Oral Implants Res* 11(3):217-29.

8 Tabellen und Abbildungen

Patient	Sinus (rechts=1, links=2)	Biopsie	Slice	new bone	BioOss	mineralised fraction	Connective Tissue	Healing Time in months
1	2	1	1	0	29,2	29,2	70,8	3
1	2	2	1	0	29,9	29,9	70,1	
2	1	1	1					
2	2	1	1					
2	2	1	2					
2	2	2	1	37,6	0	37,6	62,4	9,0
2	2	2	2	41,3	0,4	41,7	58,3	
3	2	1	1	2,4	29,2	31,6	68,4	10
3	2	1	2	1,9	30,4	32,2	67,7	
3	2	2	1	10,4	29,1	39,5	60,5	
3	2	2	2	12,8	27,3	40,1	59,9	
3	1	1	2	0,5	34,2	34,7	65,3	
3	1	1	3	0,3	35,6	35,9	64,1	
4	1	1	1	11,6	22,9	34,5	65,4	10
4	1	1	2	1,8	21,8	23,6	76,4	
4	2	1	1	0,0	31,0	31,0	69,0	
4	2	1	2	0,3	33,8	34,1	65,9	
5	2	1	1	29,8	27,3	57,1	42,9	13
5	2	1	2	28,6	28,9	57,5	42,5	
5	1	1	1	37,6	27,1	64,7	35,3	
5	1	1	2	35,9	29,4	65,3	34,7	
6	2	1	1	17,5	23,0	40,5	59,5	16
6	2	1	2	16,2	21,9	38,1	61,9	
6	2	2	1	46,4	15,1	61,5	38,5	
6	2	2	2	28,0	14,7	42,7	57,3	
6	2	2	3	18,4	13,9	32,3	67,7	
6	1	1	1	25,1	21,6	46,7	53,3	
6	1	1	2	28,5	20,6	49,1	50,9	
6	1	1	3	29,5	19,7	49,2	50,8	
7	2	1	1	19,8	33,3	53,1	46,9	16
7	2	1	2	24,8	32,7	57,5	42,5	
7	2	2	1	34,1	34,4	68,5	31,5	
7	2	2	2	36,6	48,3	84,9	15,1	
7	1	1	1	29,9	26,5	56,4	43,6	
7	1	1	2	28,9	26,7	55,6	44,4	
7	1	2	1	53,4	19,2	72,6	27,4	
7	1	2	2	52,8	18,6	71,4	28,6	
7	1	2	3	53,2	19,4	72,6	27,4	
8	1	1	1	14,2	35,4	49,6	50,4	12
8	1	1	2	14,2	33,6	47,8	52,2	
8	1	2	1	12,3	29,5	41,8	58,2	
8	1	2	2	22,3	40,1	62,4	37,6	
8	1	2	3	25,5	33,5	59,0	41,0	
8	1	2	4	21,5	31,3	52,8	47,2	
8	2	1	1	30,4	31,5	61,9	38,1	
8	2	1	2	23,8	30,0	53,8	46,2	
9	1	1	1	27,9	21,4	49,3	50,7	12
9	1	1	2	39,0	24,8	63,8	36,2	
9	1	1	3	42,2	24,2	66,4	33,6	
9	1	2	1	25,7	22,6	48,3	51,7	

9	1	2	2	32,1	22,2	54,3	45,7		
9	1	2	3	26,1	21,5	47,6	52,4		
9	2	1	1	21,6	24,0	45,6	54,4		
9	2	1	2	21,3	28,1	49,4	50,6		
9	2	1	3	18,7	24,8	43,5	56,5		
9	2	1	4	13,9	27,9	41,8	58,2		
9	2	2	1	25,5	26,9	52,4	47,6		
9	2	2	2	30,2	26,0	56,2	43,8		
9	2	2	3	19,3	29,3	48,6	51,4		
10	2	1	5	0,5	39,5	40,0	60,0	10	
10	2	1	6	0,3	41,7	42,0	58,0		
10	1	1	1	0,0	25,6	25,6	74,4		
10	1	1	2	7,0	17,7	24,8	75,2		
11	2	1	1	26,8	24,4	51,2	48,8	15	
11	2	1	2	36,9	32,8	69,7	30,3		
11	2	2	1	25,3	29,0	54,3	45,7		
11	2	2	2	21,5	27,8	49,3	50,7		
11	2	2	3	20,0	32,5	52,5	47,5		
11	1	1	1	42,3	24,0	66,3	33,7		
11	1	1	2	40,8	32,7	73,5	26,5		
11	1	2	1	39,8	27,7	67,5	32,5		
11	1	2	2	24,8	21,4	46,2	53,8		
11	1	2	3	31,1	29,9	60,9	39,1		
12	2	1	1	10,1	37,4	47,5	52,5	7	
12	2	1	2	16,2	28,3	44,5	55,5		
12	1	1	1	18,3	28,6	46,9	53,1		
12	1	1	2	10,9	29,4	40,3	59,7		
Pat (13)				Pseudarthrose					
			Mittelwert	23,3	26,9	50,2	49,8	11,8	
			SD	14,0545	7,7362	13,1972458	13,19388	3,80092	

Tab. 6 Histologiewerte der BMI-Gruppe

Name	Sinus (rechts=1, links=2)	Biopsie	Slice	new bone	BioOss	mineralised fraction	Conn.ective T	Healing Time in months
13	1	1	2	10,9	28,8	39,7	60,3	7
13	1	1	3	10,9	26,5	39,6	60,4	
13	1	3	1	0,4	45,0	45,4	54,6	
13	1	3	2	0,2	39,4	39,6	60,4	
13	2	1	2	0	37,1	37,1	62,9	
13	2	1	3	0,8	43,5	44,3	55,7	
13	2	2	2	0	48,5	48,5	51,5	
13	2	2	1	0	37,4	37,4	62,6	
14	1	1	1	2,1	34,8	36,9	63,1	8
14	1	1	2	4,4	35,9	40,3	59,7	
14	2	1	1	10,8	23,4	34,2	65,8	
14	2	1	2	11,0	18,6	29,6	70,4	
15	1	1	1	0,5	43,6	44,1	55,9	12
15	2	1	1	0	50,0	50,0	50,0	
16	1	1	1	22,6	22,1	44,7	55,3	10
16	1	1	2	24,8	18,8	43,6	56,4	
16	2	1	1	30,5	21,5	52,0	48,0	

16	2	1	2	31,0	21,4	52,4	47,6	
17	2	1	1	43,0	28,3	71,3	28,7	33
17	2	1	2	50,6	26,8	77,4	22,6	
17	2	1	3	58,0	28	68	14,0	
Mittelwert				14,9	32,4	46,5	52,7	14,0
SD				18,2212	10,019	12,2820853	14,31826	10,7935

Tab. 7 Histologiewerte der BMA-Gruppe

Sinus (rechts=1, links=2)	Biopsie	Slice	new bone	old bone	mineralised fraction	Conn.ective T	Healing Time in months
1	1	1	16,7	12,7	29,5	70,5	6
1	1	2	15,3	11,9	27,2	72,8	
2	1	1	24,0	13,1	37,1	62,9	
2	1	2	26,4	7,7	34,1	65,9	
1	1	1	76,8	3,1	79,9	20,1	8
1	1	1	63,1	0,8	63,9	36,1	
2	1	1	50,3	0,0	50,3	49,7	
2	1	1	68,1	5,3	73,4	26,6	17
2	1	1	57,0	4,2	61,2	38,8	
1	1	1	95,3		95,3	4,7	
1	1	2	97,8		97,8	2,2	
1	2	1	91,7		91,7	8,3	
1	2	2	77,3		77,3	22,7	
2	1	1	56,7	0,3	57,0	43,0	10
2	1	2	71,9	0,0	71,9	28,1	
1	1	1	56,4	1,8	58,2	41,8	
1	1	2	66,5	2,3	68,8	31,2	
2	1	2	36,3	15,4	51,7	48,3	13
2	1	3	47,1	16,6	63,7	36,3	
1	1	1	16,8	30,0	46,8	53,2	
1	1	2	11,2	34,7	45,9	54,1	
2	1	1	72,3		72,3	27,7	18
2	1	2	67,3		67,3	32,7	
1	1	1	71,2		71,2	28,8	
1	1	2	79,5		79,5	20,5	
1	1	3	76,1		76,1	23,9	
1	1	4	86,2		86,2	13,8	
1	1	1	66,7		66,7	33,3	12
2	1	2	31,7	5,3	37,0	63,0	
2	1	3	31,5	8,5	40,0	60,0	
1	1	1	18,7	14,9	33,6	66,4	6
1	1	2	25,8	19,1	44,9	55,1	
1	2	1	21,0	17,4	38,4	61,6	
1	3	1	21,7	19,5	41,2	58,8	
2	1	1	14,9	21,8	36,7	63,3	
2	1	2	12,9	17,0	29,9	70,1	
2	1	1	15,6	23,5	39,1	60,9	
2	1	2	12,9	13,6	26,4	73,6	

	Mittelwert	48,7	11,9	57,1	42,9	11,3
	SD	27,8	9,4	20,5	20,5	4,6

Tab. 8 Histologiewerte AK-Gruppe

Pat.	FRS1	OP	FRS 2	FRS 3	ME	T(OP- ME)
1	12.11.20 09	04.03.20 10	11.03.20 10	n.v.	07.09.20 10	6 M
2	23.09.20 09	14.10.20 09	19.10.20 09	11.05.20 10	10.06.20 10	8 M
3	29.07.20 09	30.07.20 09	10.06.20 10	n.v.	16.12.20 10	17 M
4	11.05.20 10	12.05.20 10	17.05.20 10	01.02.20 11	01.03.20 11	10 M
5	09.03.20 10	10.03.20 10	12.03.20 10	23.03.20 11	04.04.20 11	13 M
6	15.03.20 10	16.03.20 10	18.03.20 10	19.05.20 11	01.09.20 11	18 M
7	12.06.20 08	23.12.20 08	29.12.20 08	11.11.20 09	29.12.20 09	12 M
8	26.09.20 10	30.11.20 10	06.12.20 10	19.05.20 11	20.05.20 11	6 M

Tab. 9 Daten der operativen Eingriffe und FRS-Aufnahmen der AK-Gruppe

Pat.	FRS1	OP	FRS 2	FRS 3	ME	T(OP- ME)
1	19.01.2010	20.1.2010	22.01.2010	n.v.	2.3.2011	14 M
2	08.02.2010	9.2.2010	11.02.2010	n.v.	8.11.2010	9 M
3	22.03.2010	23.3.2010	24.03.2011	23.11.2010	10.1.2011	10 M
4	21.01.2010	5.3.2010	08.03.2010	30.11.2010	27.1.2011	10 M
5	17.02.2010	18.2.2010	n.v.	13.01.2011	15.3.2011	13 M
6	19.11.2009	18.1.2010	20.01.2010	25.01.2011	18.5.2011	16 M
7	10.02.2010	11.2.2010	15.02.2010	24.03.2011	14.6.2011	16 M
8	13.04.2010	29.07.2010	21.04.2011	28.07.2011	27.07.2011	12 M
9	29.06.2010	28.7.2010	30.07.2010	n.v.	21.7.2011	12 M
10	15.07.2008	07.10.2009	12.10.2009	10.05.2011	10.08.2011	10 M
11	04.03.2010	18.05.2010	20.05.2010	24.05.2011	20.10.2011	12 M
12	29.06.2011	30.06.2011	04.07.2011	06.12.2011	01.02.2012	7 M

Tab 10 Daten der operativen Eingriffe und FRS-Aufnahmen von BMI-Gruppe.

Pat.	FRS1	OP	FRS 2	FRS 3	ME	T(OP- ME)
13	19.05.2009	30.09.2009	02.10.2009	23.03.2010	27.04.2010	7 M

14	05.02.2008	20.02.2008	25.02.2008	n.v.	13.10.2008	8 M
15	16.07.2008	17.07.2008	05.02.2009	n.v.	14.07.2009	12 M
16	16.03.2010	17.03.2010	19.03.2010	19.01.2011	17.01.2011	10 M
17	10.03.2008	11.03.2008	13.03.2008	23.11.2011	15.12.2011	46 M

Tab. 11 Daten der operativen Eingriffe und FRS-Aufnahmen von BMA-Gruppe.

Pat.	OP			SNA			NL-NSL		
	LeF	Obw.	Kinn	Prä	post	ME	Prä	Post	ME
1	•			77,7	81,9	82	6,8	11,6	11,8
2	•			83,8	85,6	86	11	12,8	11,5
3	•			76,8	83,2	83	5,3	6,3	6,2
4	•	•		74,2	79,6	79	6,6	13,5	11,8
5	•		•	76,3	78,2	77	16	16,5	17
6	•			79,3	83,5	84	4,2	6,9	8,6
7	•	•		86,8	89,2	88	3,2	4	3,7
8	•	•		79,9	83,4	83	7	10,5	10,7
9	•			87,8	90,4	90	1,7	7,4	7,9
10	•	•	•	80	83,4	82	12	9,5	12
11	•		•	81,2	85,4	84	15	15	15,9
12	•	•		89,1	93,1	92	5,4	8,1	5,9
5m, 7w			Average	81,075	84,74167	84,14	7,808	10,175	10,25
			SD	4,817228	4,345836	4,288	4,563	3,810303	3,973

Tab. 12 BMI-Gruppe; jeweils Patient, zugeordneter Eingriff, Winkelmessungen/-veränderungen vor und nach der OP und zum Zeitpunkt der Metallentfernung.

Pat.	OP			SNA			NL-NSL		
	LeF	Obw.	Kinn	Prä	post	ME	Prä	Post	ME
13	•	•		82,4	89,9	87,1	9,2	8,4	11,2
14	•	•		84,3	85	86	6	8,8	8,6
15	•	•		79,7	n.v.	85,3	-0,5	n.v.	10,8
16	•	•		76,2	79,1	78,5	5,6	8,7	8,2
17	•	•		77,3	85	83,5	5,1	3,2	4
			Average	80,65	84,6667	84,23	5,075	8,633	9,7
2m, 3w			SD	3,51615	5,40771	3,888	4,050823	0,208	1,518771

Tab. 13 BMA-Gruppe; jeweils Patient, zugeordneter Eingriff, Winkelmessungen/-veränderungen vor und nach der OP und zum Zeitpunkt der Metallentfernung.

Pat.	OP			SNA			NL-NSL		
	LeF	Obw.	Kinn	Prä	post	ME	Prä	Post	ME
18	•	•		81,9	85	85	9,1	12,7	13
19	•	•	•	80,6	83,9	82	7,4	12,1	9,2
20	•	•	•	80,7	82	81,8	1,2	10,7	10,5
21	•	•		77,5	80	79,5	2,9	4,3	4,6
22	•	•		75,2	79,8	79,2	6,8	10,1	11,5
23	•		•	83,4	85,6	84,7	4	3,3	3
24	•	•		77	79	77,9	6,6	9,8	10,5
25	•	•	•	80,1	80,9	79,9	16,9	18,9	20,3
5m, 3w			Average	79,55	82,025	81,25	6,8625	10,238	10,325
			SD	2,743824	2,524593	2,59505	4,811871	4,9045	5,288735

Tab. 14 AK-Gruppe; jeweils Patient, zugeordneter Eingriff, Winkelmessungen/-veränderungen vor und nach der OP und zum Zeitpunkt der Metallentfernung.

10 Danksagung

Unser Wissen ist nur ein Tropfen in einem Ozean. Dank und Lob Gott, der alle Beteiligte an der entstandenen Arbeit mit Atemzügen und Herzschlägen ausgestattet und mit Unversehrtheit bewahrt hat.

Ein herzliches Dankeschön geht an meinen Doktorvater und Erstgutachter, PD Dr. Dr. Sauerbier, der mit viel Geduld und tatkräftiger Unterstützung die Arbeit betreut hat. Ohne seine umfassende und unkomplizierte Betreuung wäre dieses Werk nicht zustande gekommen.

Für die Durchsicht und Zweitgutachtung der Arbeit geht ein spezieller Dank an Frau Dr. Polidorou.

Für die Aufbereitung der Biopsien danke ich dem Team des klinisch-chemischen Labors: Vielen Dank an Dr. Nagursky, Frau Heike Jahnke und ganz besonders Frau Annette Lindner für ihre Bemühungen.

Herzlichen Dank an die großartigen Chirurgen Dr. Schwarz, Dr. Metzger und Dr. Sauerbier für die Führung der Dysgnathiesprechstunde, die Planung der Behandlung und die Operation der Patienten.

Weiterhin bedanke ich mich bei Professor Schmelzeisen und Professor Gutwald, die mir die Tätigkeit an der Klinik und die ausgezeichneten Möglichkeiten zur Verfügung gestellt haben.

Ich möchte mich ebenso bei den Kollegen, Freunden und allen, die mich bei der Arbeit unterstützt haben, bedanken.

Zuletzt möchte ich meiner Familie in Ägypten und Deutschland, besonders meiner Mutter, Schwester und meiner Frau und meinen Schwiegereltern für die moralische Unterstützung und motivierende Begleitung in dieser Phase danken.
