

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer – Gesichtschirurgie

- Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dr. h.c. U. Joos -

**„Rezidivverhalten der Kiefer nach Dysgnathiechirurgie und
Distraktionsosteogenese bei Fehlbildungspatienten“**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms – Universität Münster

vorgelegt von Krebs, Katrin

(geb. Burghoff)

aus Haltern am See

2011

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms – Universität Münster

Dekan: Univ.- Prof. Dr.med. W. Schmitz

1. Berichterstatter: Univ.- Prof. Dr.med. Dr.med.dent. Dr.h.c. U. Joos

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr.med.dent. T. Stamm

Tag der mündlichen Prüfung: 02.03.2011

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dr. h.c. U. Joos

Referent: Univ.- Prof. Dr.med. Dr.med.dent. Dr.h.c. U. Joos

Koreferent: Priv.-Doz. Dr.med.dent T. Stamm

Zusammenfassung

Rezidivverhalten der Kiefer nach Dysgnathiechirurgie und Distractionsosteogenese bei Fehlbildungspatienten

von: Krebs, Katrin

Sowohl die Dysgnathiechirurgie, als auch die Distractionsosteogenese der Kiefer dient der chirurgischen Korrektur skelettaler Fehllagen. Während die Verlagerung im Rahmen der Dysgnathiechirurgie in einem Schritt erfolgt, wird bei der Distractionsosteogenese der Knochen biologisch verlängert.

Ziel der Arbeit war es von daher, das Rezidivverhalten der Kiefer nach Dysgnathiechirurgie und Distractionsosteogenese bei Fehlbildungspatienten anhand der postoperativen radiologischen Kontrolluntersuchungen zu determinieren. Die statistische Auswertung basiert auf der retrospektiven röntgenkephalometrischen Auswertung der prä- und postoperativen Fernröntgenseitenbilder, sowie einer katamnestischen Auswertung der stationären und ambulanten Akten.

Von 1354 operierten Patienten der Universität Münster für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie waren nach den Vorgaben der Studie 38 Retrognathiepatienten in einem Zeitraum von 1999-2009 ausgewählt, die eine differenzierte Vergleichsuntersuchung ermöglichten. Das Patientenkollektiv (n=38) teilte sich auf, in 15 im Oberkiefer durch Osteosyntheseplatten versorgte Patienten, sowie 10 mit Distraktoren versorgten Patienten, sowie 8 im Unterkiefer mit Osteosyntheseplatten versorgte Patienten, sowie 5 im Unterkiefer mit Distraktoren versorgte Patienten. Um in dieser Studie die skelettale Stabilität in Relation vom Bewegungsausmaß näher zu determinieren, erfolgte eine Gegenüberstellung beider Behandlungsverfahren in Abhängigkeit von den Vorverlagerungsstrecken (< 5mm und > 5mm).

Die Ergebnisse zeigten bei den Dysgnathieoperationen im Oberkiefer trotz unterschiedlichen Vorverlagerungsstrecken von < 5mm (n=10) und > 5mm (n=5), dass im Durchschnitt sogar eine kleine Überkorrektur zu verzeichnen war. Im Gegensatz dazu fand sich bei den Patienten im Oberkiefer, deren Fehlbildungen mit Distraktoren therapiert wurden, häufiger ein Rezidiv (21,3%) statt. Sowohl bei einer Vorverlagerungsstrecke von < 5mm (n=4), als auch bei > 5mm (n=6), entwickelte sich eine Rückverlagerung. Die Patienten mit einer Retrognathie im Unterkiefer, die dysgnathiechirurgisch behandelt wurden, wiesen im Durchschnitt ein Rezidiv von 8,9% auf, während bei der Behandlung mittels Distractionsosteogenese ein Rezidiv von 4% zu verzeichnen war. Das Ausmaß der Verlagerungsstrecke im Unterkiefer hatte kein Einfluss auf die Rezidivgröße.

Die Untersuchungen zeigen, dass grundsätzlich beide Verfahren mit einer sehr geringen Rezidivquote behaftet sind. Das einzig nennenswerte Rezidivausmaß findet sich im Oberkiefer bei distractionsosteogenetisch behandelten Patienten. In diesem Patientengut waren die besonders betroffenen Syndromalpatienten, bei denen aufgrund ausgeprägter Weichgewebsdefizienzsituation eine reine dysgnathiechirurgische Behandlung als alternative Therapieoption nicht in Betracht gezogen werden konnte. Insgesamt erscheinen sowohl die Distractionsbehandlung als auch die Dysgnathiechirurgie gleichwertige und klinisch erfolgreiche Behandlungen zu sein.

Tag der mündlichen Prüfung: 02.03.2011

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1 Historischer Rückblick der Dysgnathiechirurgie	8
1.2 Historischer Rückblick der Distraktionsosteogenese	17
1.3 Histologie und Funktion des Knochens	19
1.3.1 Knochenzellen	21
1.3.2 Knochenneubildung	22
1.3.3 Desmale Ossifikation	22
1.3.4 Chondrale Ossifikation	23
1.3.5 Ossifikation bei der Distraktionsosteogenese	23
1.3.6 Ossifikation bei der Plattenosteosynthese	24
1.4 Entwicklung operationsspezifischer Verfahren	27
2. Material und Methode	31
2.1 Patientengut	31
2.2 Fernröntgenseitenbild	32
2.2.1 Meßpunkte	32
2.2.2 Skelettale Meßpunkte	33
2.2.3 Meßpunkte des Weichteilprofils	36
2.2.4 Winkelmessung	37
2.2.5 Präoperative Planung	39

2.3 Operationsmethoden	39
2.3.1 Le Fort-I-Osteotomie	39
2.3.2 Le Fort-III-Osteotomie mit frontalem Advancement und die Fixierung zweier Distraktoren	42
2.3.3 Segmentosteotomie nach Zisser im Oberkiefer und Fixierung zweier Distraktoren	44
2.3.4 Unterkiefer-Osteotomie nach Obwegeser/DalPont	46
2.4 Auswertungen der Krankenblätter	50
2.5 Ziel der Arbeit	51
3. Ergebnisse	52
3.1 Patientenauswahl	52
3.1.1 Geschlechtsverteilung	53
3.1.2 Alter zum Operationszeitpunkt	55
3.2 Fernröntgenanalyse	57
3.2.1 Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Oberkiefer bei den Kraniofazialosteosyntheseplatten	58
3.2.2 Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Oberkiefer bei den Distraktionspatienten	61
3.2.3 Einteilung der Kraniofazialosteosyntheseplatten nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke	63
3.2.4 Einteilung der Distraktoren nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke	64
3.2.5 Rezidiv im Vergleich zur Vorverlagerungsstrecke Oberkiefer Platten/Distraktoren	65
3.2.6 Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Unterkiefer bei den Osteosyntheseplatten	67

3.2.7	Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Unterkiefer bei den Distractionspatienten	69
3.2.8	Einteilung der Osteosyntheseplatten im Unterkiefer nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke	71
3.2.9	Einteilung der Distraktoren im Unterkiefer nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke	72
3.2.10	Rezidiv im Vergleich zur Vorverlagerungsstrecke Unterkiefer Platten/Distraktoren	73
3.2.11	Fazit der Rezidivhäufigkeit der Osteosyntheseplatten v.s. Distraktoren	74
3.3	Klinische Untersuchungen	76
3.3.1	Klinische Untersuchungen im Oberkiefer	76
3.3.2	Klinische Untersuchungen im Unterkiefer	78
	4. Diskussion	80
	5. Literaturverzeichnis	87
	6. Danksagung	98
	7. Lebenslauf	99

1. Einleitung

Die Dysgnathiechirurgie hat sich in den letzten 30 Jahren zu einem bedeutenden Teilgebiet der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie entwickelt. Die Dauer der lange gängigen intermaxillaren Fixation konnte durch die Einführung moderner Osteosyntheseverfahren wie Miniplatten oder – Schrauben extrem verkürzt werden. Die bilaterale sagittale Unterkieferspaltung und die Oberkieferosteotomie in der Le Fort-I-Ebene sind die am häufigsten durchgeführten Eingriffe [23]. Die Korrektur komplexer Dysmorphosen des Mittelgesichtes ist mit Hilfe der Le Fort-III-Osteotomie, die von dem Chirurgen Tessier entwickelt wurde, möglich. Bei dieser Operationsmethode kann zusätzlich das knöcherne Nasenskelett, der Orbitaboden und das Jochbein verlagert werden, im Gegensatz zur Le Fort-I-Osteotomie [91].

Die klinische Anwendung der Distraktionsosteogenese erfolgte in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie erst in den 90er Jahren [58]. Zudem wird der Distraktor auch bei Fehlbildungen und komplizierten Dysgnathien im Wachstumsalter verwendet [12,45].

Der Fokus der hier vorliegenden Arbeit soll Unterschiede von beiden Verfahren bezüglich skelettaler Stabilität in Bezug auf das Ausmaß der Vorverlagerungsstrecken liegen.

1.1 Historischer Rückblick der Dysgnathiechirurgie

Alessandro Codivilla (1861-1912), der in Bologna geboren und aufgewachsen war, galt als Vorreiter im Bereich der Orthopädie. 1899 gab er mit 38 Jahren die allgemeine Chirurgie auf und spezialisierte sich auf den orthopädischen Bereich. Ziel seiner Untersuchungen war die Erfindung einer Methode zur Verlängerung von verkürzten Extremitäten. Es stellte sich heraus, dass es einfacher war, einen gebrochenen Knochen wiederherzustellen als Extremitäten zu verlängern [17]. Seine Ergebnisse basierten sowohl auf Experimenten mit Tieren als auch klinischen Beobachtungen. Bei der Verlängerung der durch Deformationen verkürzten unteren Extremitäten fanden Erkenntnisse, die man hinsichtlich der Verlängerung von Muskeln, Knochen, Gelenken und Geweben, ohne deren Funktion einzuschränken hatte, bei der Methodik Codivillas Berücksichtigung. Die flexiblen Teile der zu verlängernden Extremität wurden bis zu ihrem Maximum gestreckt, ohne die Funktion zu beeinträchtigen. Mit Hilfe von Gewichten, die bis zu 75 Kilogramm wiegen konnten und einer speziell angefertigten Apparatur gelang es Alessandro Codivilla, Extremitäten im unteren Körperbereich zu verlängern, ohne

eine schwere Beeinträchtigung für den Patienten darzustellen. Mit dieser Methodik erschuf er die Basis auch für andere Bereiche in der Chirurgie, wie z.B. der kieferorthopädischen Chirurgie [17].

Die operative Behandlung von Bisslagenanomalien begann bereits im Jahr 1849, wie ein Fallbeispiel von Allen und seinen Mitarbeitern zeigte.

Allerdings beschrieben Beispiele aus den Jahren 1849 und 1921 (Cohn-Stock) nur Osteotomien in jeweils einem Kiefer. Blair nahm zum ersten Mal eine Osteotomie im horizontalen Unterkiefer vor, eine der heute am häufigsten durchgeführten Korrekturoperationen am Unterkiefer [33]. Des Weiteren führte im Jahr 1849 der Amerikaner Hullihen eine Segmentosteotomie am Unterkiefer durch, bei der eine Protrusion des frontalen Alveolarfortsatzes operiert wurde. Durch die Entfernung eines V-förmigen Knochenkeils konnte der Alveolarfortsatz nach hinten gebogen werden. Mit Drahtligaturen, die an den an der Lücke benachbarten Zähnen angebracht wurden, fixierte er den Knochen. Zusätzlich wurde die Zahnreihe durch eine Silberplatte stabilisiert [36].

Der erste erfolgreiche Eingriff am Oberkiefer gelang Langenbeck 1859, mit dem er nachwies, dass ein in seiner ursprünglichen Position reponierter Kiefer wieder verheilen kann. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden zum ersten Mal erfolgreiche Eingriffe zur Behebung von Prognathien bzw. Retrognathien beschrieben [5].

Der Erste Weltkrieg (1914-1918) und dessen Folgen führten zu einer Erweiterung des Betätigungsfeldes der zahnärztlichen Chirurgie. Es wurden vermehrt Kieferkliniken eingerichtet, die von nun an selbstständige Spezialabteilungen innerhalb des Klinikwesens darstellten. Durch diese Spezialisierung kam es zu einer erheblichen Wissensexpansion auf dem Gebiet der Mund- und Kieferheilkunde. Waren auch zuvor noch eher die Chirurgen für diese Art von Operationen verantwortlich, so wurde nun der chirurgische Zweig innerhalb der Zahnheilkunde stark gefördert. Auf diesem Wege sollte es zu einer effektiven Verbindung der speziellen Kenntnisse der Zahnärzte und der Erfahrungen der Chirurgie kommen. Zahnärztlich-diagnostische Verfahren und zahnärztlich-chirurgische Methoden traten als Ergänzung und Verfeinerung zur ehemals ärztlichen Diagnostik und der Chirurgie, die zuvor zwei völlig getrennte Gebiete in der Medizin darstellten [98].

1922 hatte Simon ein neues Messverfahren entwickelt, das lange Zeit als die Grundlage für weitere Forschungen galt. Bei diesem Verfahren werden statt der Kiefer das Gebiss in

Beziehung zur Ohr-Augen-Ebene gesetzt. Diese Horizontale wird als Frankfurter Horizontale bezeichnet. Eine genaue Messung des Gebisses ergibt sich durch das Inbezugsetzen der Orbitalebene (Ebene, welche durch beide Orbitalpunkte und senkrecht zur Frankfurter Horizontalen gedacht wird) und der Frankfurter Horizontalen. Nach der Herstellung eines Modells, das die Stellung des Gebisses im Schädel wider gibt, kann man die Medianebene einzeichnen und es ergibt sich ein Dreiebenensystem. Bei einem normalen Gebiss verläuft die Orbitalebene durch die Spitze des oberen Eckzahns. Doch auch dieses damals neuartige Messverfahren hatte seine Grenzen: Zum einen gab es noch zu wenige Untersuchungen über formveränderte Kiefer, zum anderen setzte die Technik gewisse Grenzen, z.B. die Photostatik. Aus diesem Grund musste der Chirurg oftmals eher auf sein Augenmaß als auf das Messverfahren vertrauen [98].

Die zumeist durchgeführte und grundlegende Operationsmethode der sagittalen stufenförmigen Spaltung entwickelten Dr. August Lindemann und Prof. Dr. Christian Bruhn. Dabei wurde der aufsteigende Ast oberhalb der Lingula mandibulae in querer Richtung durchtrennt. Bei diesem Verfahren wurden weder die zum Unterkiefer ziehenden Nerven, noch die Gefäße verletzt. Der auf diese Weise auf beiden Seiten durchtrennte Kiefer wurde durch einen sofort ausgeübten Druck auf das Kinn zurückgesetzt. Der Schnitt konnte wahlweise am Jochbogenrand (nach König) durchgeführt werden, um das Operationsgebiet freizulegen und die Durchtrennung des Kiefers vorzunehmen. Mit Bohrlöchern wurde die zu brechende Stelle des Knochens vorbereitet, um den Kiefer mit einem leichten Schlag springen zu können. Dadurch konnte eine mögliche Splitterung oder das Einbrechen des kleinen Fragments in der Incisura semilunaris weitestgehend verhindert werden [98]. Nach Bockenheimer und Georg Axhausen, der 1931 zum ersten Mal die vollständige Osteotomie der Maxilla beschrieb [33], konnte man den Schnitt zwar hinter dem Ohr oder am vorderen Haaransatz (Nieden) durchführen, dennoch ist die Sicht auf das Operationsgebiet eingeschränkter als nach dem Verfahren von Lindemann und Bruhn (Abb.1,Abb.2,Abb.3). Das Verfahren der queren Durchtrennung des aufsteigenden Astes bewährte sich und die meisten operierten Fälle zeigten ein gutes Ergebnis. Eine Verzögerung des Heilungsprozesses trat nur im Fall einer Diastase der Fragmente auf.

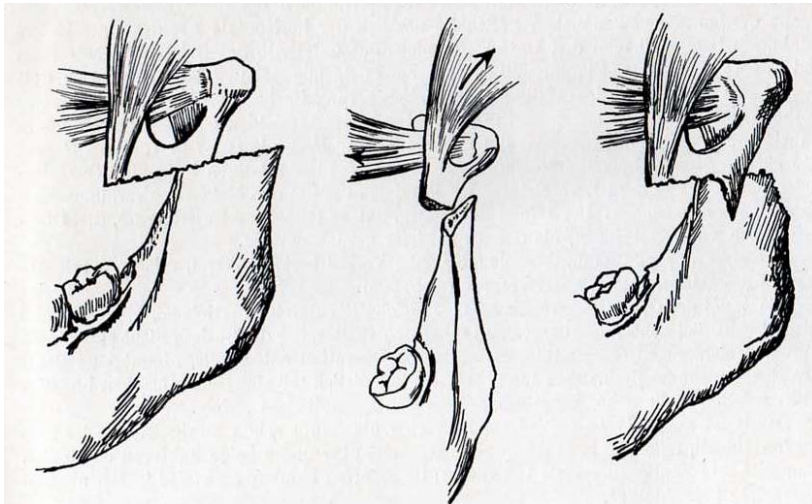


Abb.1

Abb.2

Abb.3

Abb.1 Quere Durchtrennung des aufsteigenden Astes nach Lindemann.

Der Unterkiefer wurde zurückgesetzt.

Abb.2 Eine Diastase zwischen den Fragmenten konnte entstehen, unter dem Zug des M.pterygoideus externus und M.temporalis, welche die Konsolidation verzögert.

Abb.3 Die Diastase der Fragmente wurde bei einer „zapfenförmigen Durchtrennung“ (Wassmund) verhindert. Der Zapfen wurde dem großen Fragment lateral aufgelagert [98].

Die Kontinuitätsresektion wurde zunächst von Hüllihen (1849) durchgeführt [36], später folgten Angle (1897) und im Jahr 1919 Eiselberg. Der Nachteil dieser Operationsmethode lag in dem sehr frühzeitigen Entfernen (6 bis 8 Wochen vor der Operation) der Zähne in dem zu resektierenden Gebiet, da nur auf diese Weise eine sichere Heilung gewährleistet werden konnte.

Die Resektion konnte nur von außen erfolgen, die Mundhöhle wurde nicht geöffnet. Um das zurückgesetzte Kinnstück sicher fixieren zu können, mussten noch genügend Zähne auf diesem Stück vorhanden sein. Der Bruch wurde mit einem Bruch- oder Frakturverband fixiert.

Knochennähte waren nur bei einer nicht geöffneten Mundhöhle möglich, da sonst die Gefahr einer Ablösung des Zahnfleisches bestand und dies hätte zu einer Infektion führen können. Die Größe des zu resektierenden Knochenstückes wurde zuvor an einem Modell berechnet.

Eiselberg und Pichler verwendeten bei der eben dargestellten Methode eine besondere treppenförmige Schnittführung am Knochen (Abb.4). Mit dieser Schnittführung sollte dem Muskelzug entgegen gewirkt werden. Durch die verschiedenen Muskelzüge und ihre Bewegungsrichtungen konnten die Bruchflächen leicht aneinander vorbeigleiten, falls man

durch fehlende Zähne keinen Frakturverband anbringen konnte oder der Aufbiss nicht vorhanden war.

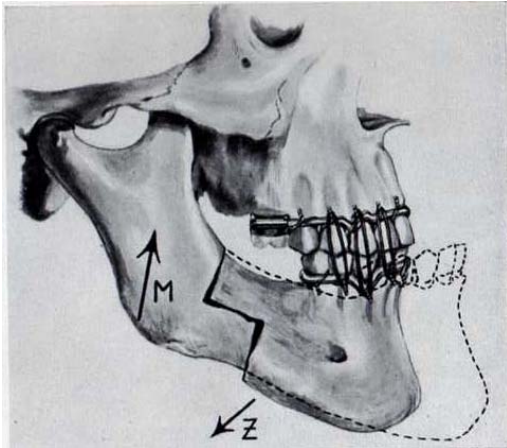


Abb.4

Vom vorderen Fragment war an der Unterkante, vom hinteren Fragment an der Oberkante ein viereckiges Stück reseziert. Danach wurde das vordere Fragment (Kinnteil) zurückgesetzt. M= Masseter, Z= Zungenbeinmuskulatur [98].

Generell war die Behandlung der Progenie deutlich einfacher als eine Mikrogenie zu beheben. Die Verlängerung eines Knochens stellte eine deutlich erhöhte Schwierigkeit dar, als einen Kiefer zu verkürzen. Die drei häufigsten Störungen waren unter anderem der verkürzte horizontale und aufsteigende Ast, ein nach dorsal fliehendes Kinn und die zu weit nach vorn gekippten unteren Frontzähne. Je nach Störung wurde das Operationsverfahren ausgewählt. Ein kosmetischer Eingriff bedeutete eine weitaus einfachere Operation als eine Herstellung der Kaufunktion (Okklusion) [98].

Zur Behebung der Mikrogenie durchtrennten Bruhn und Lindemann den horizontalen Unterkiefer zwischen 1. und 2. Molaren auf beiden Seiten. Das nun bewegliche Kinnteil wurde nach vorne geschoben. Für die Verschiebung verwandte Bruhn einen am Oberkiefer und Schädeldach befestigten Apparat, der eine für das Kinnteil vorgesehene, Extensionszange trug. Ein Arm dieser Zange fasste in die Mundhöhle und stützte sich auf eine Kappenschiene der unteren Frontzähne. Währenddessen fasste der 2. Arm, ein einzinkiger scharfer Haken, in den Knochen am unteren Kinnteil. Zwischen diesen beiden Armen war nun das Kinn festgehalten und konnte mit Hilfe des Apparates nach vorne bewegt werden. Ein Großteil der Bewegung erfolgte sofort nach der Durchtrennung, nach acht Tagen war die Extension vollendet. Nach

dem Abheilen der Infektion, die wiederum durch das Einreißen der Schleimhaut bedingt war, wurden in die Knochenlücken frei überpflanzte Knochenstücke eingefügt.

Die Knochenverpflanzung nach Limberg stellte eine völlig neuartige Methodik dar, um die Mikrogenie zu beheben. Die ‚Vorpflanzung‘, die Begrifflichkeit ging auf eine Bezeichnung durch Axhausen zurück, konnte zur einseitigen sowie zur beiderseitigen Verlängerung des horizontalen Kiefers verwendet werden. Zunächst transplantierte man ein Rippenstück an den Unterkiefer und ließ es einheilen. Zwei Monate später konnte das Gebiet freigelegt werden, man durchtrennte den Unterkiefer und zog die Knochenfragmente des Kiefers auseinander. Das vorgepflanzte Knochenstück wurde in den Defekt eingefügt. Die Ernährung des Knochenstücks wurde durch einen Weichteillappen, der mit dem Knochen zusammenhing, sichergestellt. Trotz der breiten Öffnung der Mundhöhle bestanden bei diesem Verfahren weitaus bessere Heilungschancen und das Risiko einer Infektion war im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Verfahren deutlich geringer, jedoch konnte man sie auch nicht völlig ausschließen.

Ein weiterer Vorteil der Limbergschen Methode bestand darin, dass alle Schritte (Durchtrennung des Unterkiefers, Extension des Kinns und Einfügung der Transplantate) in einer Operation erfolgten [98].

Ziel von Wassmunds Verfahren war es, eine Verlängerung des horizontalen Unterkiefers durch eine Osteoplastik möglichst zu vermeiden. Durch die Durchtrennung des aufsteigenden Astes des Unterkiefers oberhalb des Kieferwinkels, konnte die Osteoplastik statt im infizierten, im aseptischen Gebiet erfolgen. Mit diesem Verfahren wurde das gleiche Ergebnis wie bei den beiden anderen bereits beschriebenen Methoden erzielt, allerdings konnte bei Wassmunds Methode die Eröffnung der Mundschleimhaut vermieden werden. Die Osteoplastik ermöglichte zudem, den Kieferwinkel durch Knochenlagerung zu verbessern. Ein weiterer Vorteil ergab sich durch das Verbleiben des aufsteigenden Astes in einem Stück [98].

Die erste partielle Oberkiefer-Osteotomie wurde 1921 von Cohn-Stock beschrieben [18]. Die Hauptgefahr sah man in Komplikationen mit der Kieferhöhle, in Nekrosen mit entsprechenden Knochen- und Zahnverlusten und in einer starken Blutung. Als erste erfolgreich durchgeführte totale Oberkieferosteotomie wurde 1934 von Axhausen das Verdienst zugeschrieben [2].

Seit Axhausens (1934) Reosteotomie eines in Dislokation verheilten Oberkiefers wurden die Indikationen zur Oberkieferosteotomie nun weiter gestellt [2]. Zu Anfang waren es Hypoplasien mit maxillären Retrognathien, die durch eine Vorverlagerung der Maxilla korrigiert wurden.

Mit Hilfe der „down fracture“ Technik kam es zu einer breiten Indikationsstellung bei der Korrektur des offenen Bisses. Die Maxilla wurde im Sinne einer „down fracture“ heruntergeklappt (Abb.5), das auf die Veröffentlichung von Bell (1975) sowie Epker und Wolford (1975) zurückgeht [3,25]. Dadurch war eine gute Übersicht im Bereich der Fossa pterygopalatina vorhanden und eine bei der Osteotomie verletzte Ateria palatina konnte direkt ligiert oder koaguliert werden.

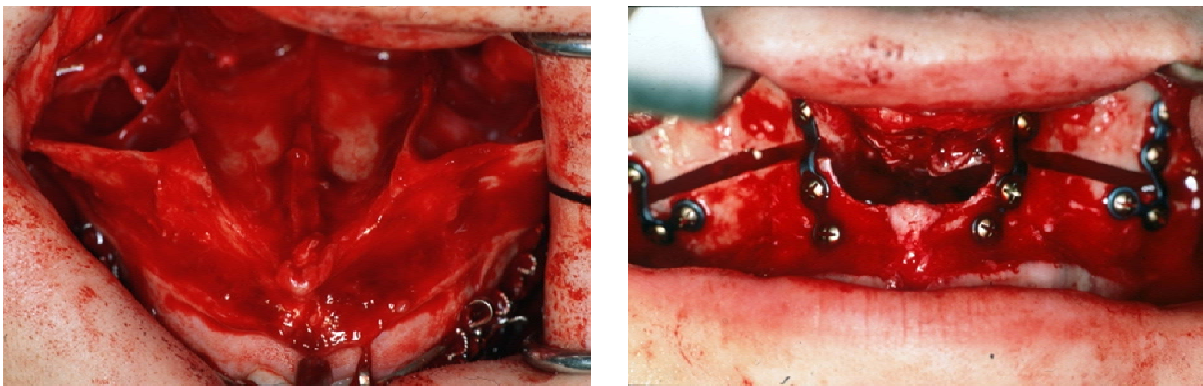


Abb.5
„down fracture“ [87]

Hierbei konnte durch eine keilförmige Ostektomie aus der Maxilla der Oberkiefer entsprechend höher gesetzt werden. Durch Autorotation folgte der Unterkiefer nach und der offene Biß konnte damit rezidivfrei geschlossen werden (Abb.6) [87].

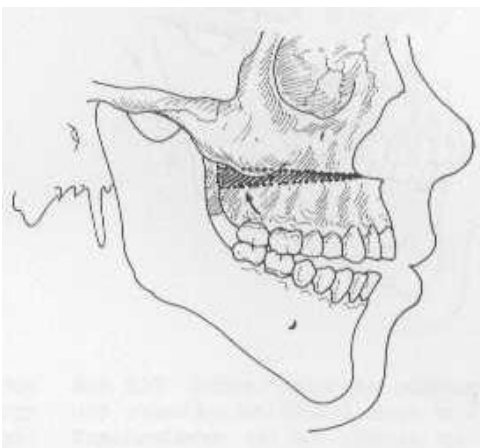


Abb.6 [87]

Durch eine totale Osteotomie konnten Laterognathien des Oberkiefers wie auch ein Vorstehen der Maxilla korrigiert werden. Zur Rezidivvermeidung des osteotomierten Oberkiefers wurden zusätzlich zu direkten Drahtosteosynthesen und Jochbogenaufhängungen Blöcke aus autogenen Knochen im retromaxillären Bereich empfohlen (Abb.7).

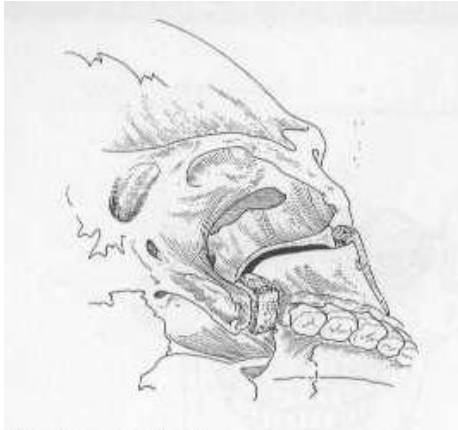


Abb.7

Einlagerung des autogenen Knochentransplantates [87].

Zu den Osteotomien des Mittelgesichtes, welche nicht nur den Oberkiefer, sondern auch die kaudale und laterale Orbitaumrandung, die Jochbeine und eventuell auch das Nasengerüst mit einschließen, wurde als erster der Engländer Gillies genannt [31]. Im Jahr 1955 hatte Gillies bei einem Patienten eine in Fehlstellung verheilte Le Fort-III-Fraktur durch eine Reosteotomie, die entlang der Frakturlinie erfolgte, korrigiert. Anschließend vergingen Jahre, ehe Tessier 1967 Berichte veröffentlichte über totale Osteotomien des Mittelgesichtes bei kraniofazialen Dysostosen. Den gesamten Gesichtsschädel löste Tessier von der Schädelbasis ab und verlagerte ihn nach vorne, wobei nicht nur okklusale Diskrepanzen, sondern auch die Position der Bulbi und des Nasenskeletts verändert wurden [90].

Über kombinierte Le Fort-I und Le Fort-III-Osteotomien hatte Obwegeser 1969 berichtet, die eine bessere Okklusion ermöglichten [66].

Zur Fixierung hatte sich auch hier die Plattenosteosynthese bewährt. Für die Knochenplatten boten die starken Knochenpfeiler der lateralen Orbitaumrandung, sowie die Nasenwurzel einen besonderen Halt. Die durch die Vorverlagerung entstandenen Zwischenräume mussten mit

Knochentransplantaten ausgefüllt werden, wozu körpereigener Knochen verwendet wurde (Abb.8) [87].

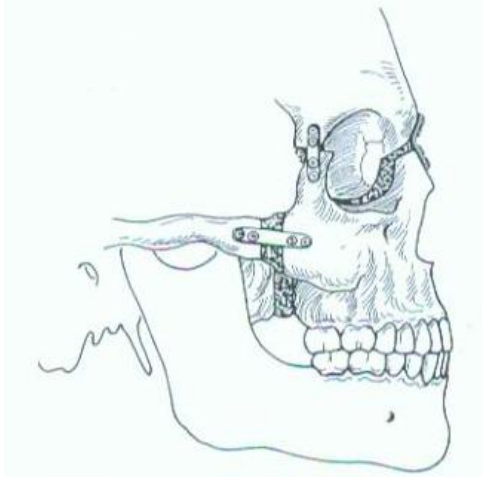


Abb.8

Mittelgesicht, durch Mini-Knochenplatten und interponierte Knochentransplantate stabilisiert [87]

1974 stellte Spiessl die Vorteile der Zugschraubenosteosynthese bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers nach Obwegeser/Dal Pont vor. Der Unterkiefer erhielt postoperativ eine zweiwöchige intermaxilläre Fixation und die Entfernung des Osteosynthesematerials erfolgte 4-6 Monate später [85]. Dennoch konnte sich die Zugschraube nicht etablieren, da die dadurch hervorgerufene Verlagerung der Kieferköpfchen, vielfach zu Gelenkschädigungen führte. Verschiedene Chirurgen entwickelten in dieser Zeit ihre eigenen Miniplattensysteme für die stabile Fixation [54,69]. Durch geeignete Platten-Schrauben-Systeme konnte eine stabile Fixation multipler Knochensegmente in allen drei Dimensionen des Raumes ohne die früher erforderliche zusätzliche Stabilisierung durch Knochentransplantate gewährleistet werden [56]. Die operativen Methoden wurden weiterhin vereinfacht, aufgrund von Detailverbesserungen durch die Anwendung selbstschneidender Schrauben und einsetzen geeigneten Implantatmaterialien (Vitallium wurde zwischenzeitlich von Titan oder Titanlegierungen ersetzt [54]). Durch die Entwicklung funktionsstabiler Osteosynthesematerialien und dem Wegfall der intermaxillären Fixation, wurde es nicht nur für den Operateur leichter, sondern auch der Komfort für den Patienten war deutlich gestiegen. Die Atemwege und ein mögliches Erbrechen

im Anschluss der Narkose konnten postoperativ besser kontrolliert werden. Insbesondere war eine Nahrungsaufnahme nach zwei bis vier Wochen möglich [48].

1.2 Historischer Rückblick der Distraktionsosteogenese

Die Kallusdistraktion als Verfahren hat ihren Ursprung in der Orthopädie und der Plastischen Chirurgie. Die Distraktionsosteogenese wurde zum ersten Mal in einer Beschreibung durch Codivilla im Jahre 1905 erwähnt [17]. 1930 beschrieb Rosenthal eine Osteotomie des Unterkiefers mit einer im Anschluss intraoral zahntragend abgestützten Distraktionsapparatur [77]. Erst zwanzig Jahre später wurde das Verfahren der Distraktionsosteogenese von Ilizarov erneut aufgegriffen. Er führte in Kurgan (GUS) experimentelle Untersuchungen mit einem externen Fixateur an Röhrenknochen durch. In diesem Zeitraum wurde die Kallusdistraktion als klinische Standardtherapie systematisch angewandt [37]. Seit den 1950er Jahren bewährte sich diese Operationsmethode in der Orthopädie und der Traumatologie des Bewegungsapparates. Dabei benutzte er einen Ringfixateur, durch diesen ließ sich die Distraktion kontrolliert und zudem kontinuierlich durchführen [38].

Zu einer Beschreibung einer experimentellen Anwendung der Distraktionsosteogenese kam es im Bereich der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie erst in den 1970er Jahren durch Snyder. An einem Tiermodell wurde zunächst eine einseitige Distraktion mit extraoralen Apparaturen durchgeführt, die später auch in den Mundraum verlegt wurden [83]. Klinisch eingesetzt wurde diese Art von Verfahren erstmals von McCarthy allerdings erst zwanzig Jahre später zu Beginn der 1990er Jahre. McCarthy galt als Begründer der Distraktion am Unterkiefer (Abb.9) [58]. Der erste Unterkiefer wurde im Jahr 1989 in New York distrahert.

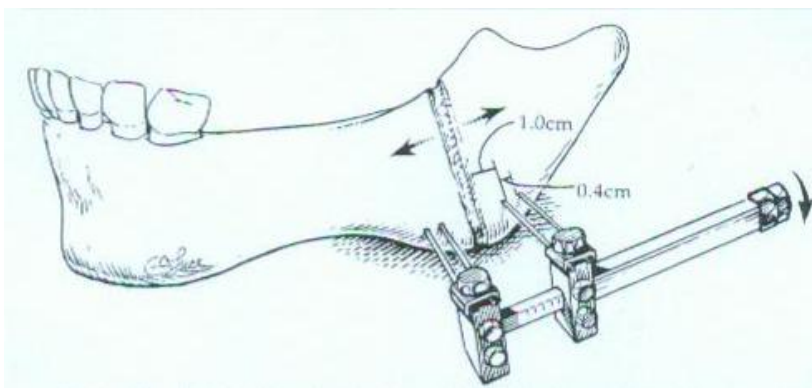


Abb.9 [58]

Dabei wurden extraorale Distraktoren verwendet. Diese wurden in der Vergangenheit bereits oft in der Handchirurgie eingesetzt. Patienten, die eine kieferorthopädische Nachbehandlung erhielten, zeigten in der nachfolgenden Zeit kein Rezidiv [58]. Seit diesem Zeitpunkt wurde die Distractionsosteogenese in fast allen Teilen des kraniofazialen Skelettes angewandt (6,15,68,71,73). 1995 wurde die Technik der Kallusdistraction am Unterkiefer in Frankfurt am Main durch Klein und Howaldt erstmalig eingesetzt [44]. Sie verwendeten dabei die gleiche Apparatur wie McCarthy, die aber nur zwei transbuccale Pins besaßen. Auch Atemwegobstruktionen ließen sich mit diesen Verfahren – etwa bei Patienten, die unter dem Treacher-Collins-Syndrom litten – erfolgreich mit der gleichen Apparatur beseitigen, indem sie den Unterkiefer verlängerten [63]. Intraorale Distraktoren wurden erstmals von Wangerin und Gropp zum Einsatz gebracht [97]. Ab Mitte der 1990er Jahre wurde die Distractionsosteogenese verstärkt. Ebenfalls wurde sie auch bei komplizierten Dysgnathien im Wachstumsalter und bei Fehlbildungen angewandt [12,45]. Auch der Einsatz an sehr dünnen Knochen – wie beispielsweise der Pars horizontalis des Gaumenbeines – konnte bereits erfolgreich durchgeführt werden [11]. Die bidirektionale Distraction eröffnete die Möglichkeit, die Mandibula in vertikaler, sowie horizontaler Richtung kontrolliert zu verlängern. Auf diese Weise konnte die spezielle Deformität jedes Patienten individuell behoben werden [62].

Trotz des großen Fortschritts fanden sich bereits neue Anwendungsgebiete im Versuchsstadium, beispielsweise Distractionsimplantate bei Patienten mit absoluter Alveolarkammatrophie und Defekten am Alveolarfortsatz [29].

In den letzten hundert Jahren hatte sich die Kallusdistraction zu einer bewährten klinischen Methode etabliert, die gute Therapieerfolge bei verschiedensten Missbildungen verzeichnen konnte.

1.3 Histologie und Funktion des Knochens

Das schwerste Gewebe des menschlichen Körpers ist das Zahnhartgewebe und der Knochen.

Seine Dichte liegt zwischen 2 und 3 g/ml [53].

Knochen ist ein durch Festigkeit und Härte charakterisiertes Stützgewebe mit 4

Hauptfunktionen: mechanische Stütze (z.B. Rippen), zur Fortbewegung (z.B. Röhrenknochen), als Schutz (z.B. Schädelknochen) und als Stoffwechselreservoir für Mineralsalze.

Knochen besteht aus:

- Supportzellen (Osteoblasten und Osteozyten),
- organischer Matrix aus Kollagen und Glykosaminoglykanen (Osteoid),
- anorganischen Mineralien, die in diese Matrix eingelagert werden,
- Zellen für den Umbau (Osteoklasten) [89].

Im Osteoid können 2 Knochenarten anhand ihrer Kollagenanordnung unterschieden werden:

Geflechtknochen, der mechanisch schwach ist und eine zufällige Kollagenfaseranordnung zeigt und der Lamellenknochen. Dieser weist eine regelmäßige parallele Kollagenanordnung auf und ist mechanisch stärker belastbar.

Der Geflechtknochen entsteht, wenn Osteoblasten rasch Osteoid produzieren, dabei nehmen die Kollagenfasern ein unregelmäßiges, locker verflochtenes Muster an. Dieser Zustand ist in allen fetalen Knochen zu finden, später wird dieser umorganisiert und in den festeren Lamellenknochen überführt. Geflechtknochen ist beim Erwachsenen nur bei sehr rascher Knochenbildung zu finden, z.B. bei der Frakturheilung oder beim Morbus Paget (Osteodystrophia deformans). Nach einer Fraktur wird der entstandene Geflechtknochen zu Lamellenknochen umgebaut [89].

Am ausdifferenzierten Knochen sind makroskopisch 2 Schichten zu unterscheiden:

Die äußere Kompakta oder auch Kortikalis genannt und eine innere Spongiosa mit Knochenbälkchen. Zusammen bilden sie ein Netzwerk, in dem sich das Knochenmark befindet. In der Kompakta sind Kanäle ausgespart, durch welche die Blutgefäße für das Knochenmark und die Spongiosa in die Markhöhle gelangen (Abb.10). Durch eigene Gefäße geschieht die Blutversorgung des Knochengewebes, die mehrheitlich in der hohlen Achse der konzentrischen Lamellensysteme verlaufen (Havers-Kanäle wird durch queren Volkmann – Kanäle verbunden), wie auch mit Gefäßen des Periostes und des Markes, anastomosieren [10].

Ein Havers-System oder auch Osteon genannt, wird von dem Havers-Kanal mit seinem konzentrischen System aus Knochenlamellen und Osteozyten gebildet. Jeder Havers-Kanal ist mit Knochenvorläuferzellen oder inaktiven Osteoblasten ausgekleidet, ebenso die innere Generallamelle und die Außenfläche der Spongiosabälkchen. Diese Schicht nennt man Endost, welches das Knochenmark vom spongiösen Knochen trennt. Endost und Periost haben die Fähigkeit der Ossifikation, auch osteogenetische Potenz genannt [89].

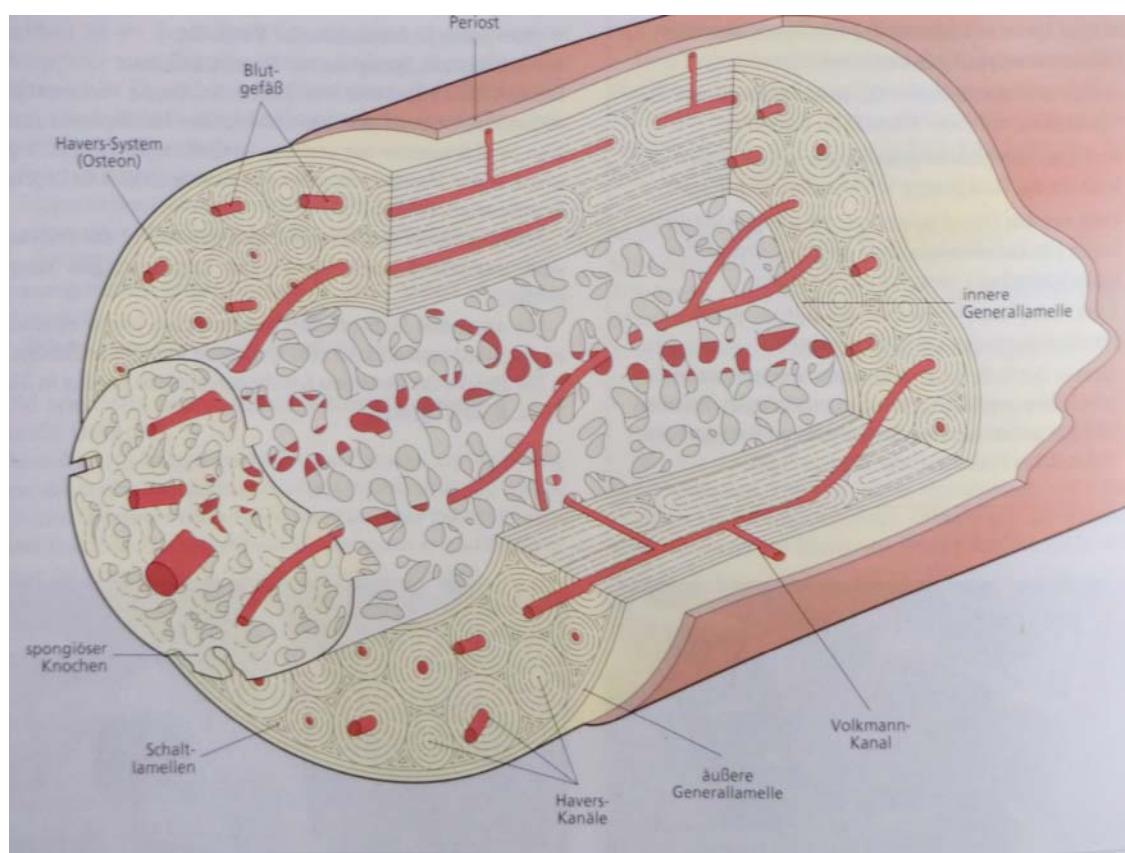


Abb.10

Schema der Kompakta [89].

1.3.1 Knochenzellen

Zur Erhaltung, der Bildung und dem Umbau des Knochens sind 4 Zellarten von entscheidender Bedeutung:

- mesenchymale Vorläuferzellen
- Osteoblasten
- Osteozyten
- Osteoklasten

Die Knochenvorläuferzellen stammen von Mesenchymzellen ab und können sich zu Osteoblasten und Osteozyten differenzieren. Knochenvorläuferzellen sind spindelförmige, abgeplattete Zellen, sie liegen eng der Knochenoberfläche an und werden auch inaktive Osteoblasten genannt. Sie wandeln sich in aktive Osteoblasten um, wenn es zu Knochenwachstum kommt, z.B. bei fetalen Knochen oder einer hohen Knochenumsatzrate beim Erwachsenen. Diese Zellen sind viel größer und zahlreicher und enthalten plumpe ovale Kerne und spindelförmiges Zytoplasma [89].

Osteoblasten synthetisieren und sezernieren die organische Matrix (Osteoid). Ihr Zytoplasma enthält viel rauhes endoplasmatisches Retikulum (RER) und Mitochondrien. Im RER werden die Kollageneiweißvorläufer und Glykosaminoglykane synthetisiert und im Anschluss im Golgi-Apparat verpackt, bevor sie in Sekretvesikeln zur Zelloberfläche transportiert werden. Besonders auf der Kontaktfläche zum Osteoid, weist die Zelloberfläche viele Zytoplasmafortsätze auf. Genau auf dieser Oberfläche entlassen die Sekretvesikel ihren Inhalt und bilden Kollagenfasern (Typ-I-Kollagen) des Osteoids, die in eine Matrix aus Glykosaminoglykanen und Proteoglykanen mit geringer Elektronendichte eingelagert sind [89].

Osteozyten sind Knochenzellen, die aus dem Knochen bildenden Osteoblasten hervorgehen. Diese werden von mineralisierender Knochenmatrix umgeben und liegen in Hohlräumen (Lakunen). Durch lange Zytoplasmafortsätze können sie untereinander kommunizieren, wodurch auch ein Stoffaustausch möglich ist.

Es werden zwei Arten von Osteozyten beschrieben, die eine wichtige Rolle bei der

Homöostase des Kalzium einnimmt: Die osteoblastischen Osteozyten können Kalziumphosphat in ihrem Zytoplasma konzentrieren. Die osteolytischen Osteozyten, sind in der Lage, Hartsubstanzen abzubauen und dadurch Kalzium aus dem Knochen freizusetzen [51,81].

Osteoklasten sind kernreiche Riesenzellen und sollen sich von Blutmonozyten ableiten. Sie arrodieren mineralisierten Knochen. An diesen Stellen wo Knochen abgebaut wird, finden sich Vertiefungen, so genannte Howship-Lakunen. Die Osteoklasten werden wie die Osteoblasten hormonell gesteuert [81].

1.3.2 Knochenneubildung

Knochengewebe kann nicht von innen heraus wachsen. Die Knochenzellen sind in die anorganische Substanz eingemauert und können nicht mehr auseinander weichen, demnach kann das Knochengewebe nur am Rande eingelagert werden. Skeletteile werden bindegewebig oder knorpelig angelegt und dann in Knochen umgebaut: membranöse (desmale) und chondrale Ossifikation. Der eigentliche Prozess des Knochenanbaus durch die Osteoblasten ist bei beiden Ossifikationsformen gleich, da Knorpel nicht direkt in Knochen umgewandelt werden kann [51].

Bis heute gibt es noch Unklarheiten bei der Frage, welches Ossifikationsmodell bei der Kallusheilung unter Distraktionsbedingungen herrscht [81].

1.3.3 Desmale Ossifikation

Der Vorgang beginnt, dass sich an bestimmten Stellen Mesenchymzellen vermehren und sich zu osteogenetischen Stammzellen und zu Osteoblasten differenzieren.

Kollagene Fibrillen treten auf, die sich bündeln und durchflechten. Später folgt eine stärkere Vaskularisierung. Osteoid entsteht mit der Bildung von Grundsubstanz und mit der anschließenden Verkalkung geht der eigentliche Knochen hervor. Beim Kind wird dieser Geflechtknochen durch Lamellenknochen ersetzt [10].

Hierdurch ist eine Entstehung ganzer Knochen selten und bestimmten flachen Schädelknochen vorbehalten, z.B. Os parietale, die Ossa temporalia und Os occipitale.

Einer desmale Ossifikation unterziehen sich ebenfalls der Oberkiefer und ein großer Teil des Unterkiefers [81].

1.3.4 Chondrale Ossifikation

Bei der chondralen Ossifikation wird unterschieden in perichondrale Knochenbildung und enchondrale Knochenbildung.

Die perichondrale Knochenbildung hat denselben Verlauf wie die desmale Ossifikation. Im Gegensatz zu der enchondrale Knochenbildung ist diese morphologisch und histochemisch komplizierter, weil Knorpelgewebe nach der enchondralen Ossifikation aufgelöst werden muss, damit eine Verknöcherung stattfinden kann. Nach Bildung einer grobfaserigen Knochenmanschette im Bereich der Diaphyse von Röhrenknochen, die durch Knochenapposition an Dicke zunimmt und in Richtung der Epiphysen ausdehnt, kommt es zu Vergrößerungen der Knorpelzellen. Zudem kommt hinzu, dass Kalksalze sich in die Interzellulärsubstanz einlagern, wodurch die Knorpelzellen eine Ernährungsstörung erhalten und diese deshalb zugrunde gehen. In dem entstandenen Hohlraum wachsen Mesenchymzellen ein, die zu Osteoblasten differenzieren und auf den Resten von Knorpelgewebe Knochen bilden, der seinerseits wiederum ab- und umgebaut wird [10].

1.3.5 Ossifikation bei der Distractionsosteogenese

Von endostal, ossär und periostal geht die Knochenneubildung bei Distraction aus und erfasst somit die gesamte Breite des Knochenquerschnitts [79].

Experimentell wurde bei Verlängerungsosteotomien an der Tibia eines Kaninchens überprüft, inwiefern die endostale oder die periostale Knochenbildung überwiegt. Sie fanden säulenförmige Knorpelstrukturen wieder, welches auf enchondrale Ossifikation hindeutet [47].

Die Bildung des so genannten Regenerates (Zone rapider Ossifikation zwischen den auseinander wandernden Knochenenden) wird durch die ausgeübten Zugkräfte induziert. Ein Resorptions- und Granulationsgewebe ist im Anschluss nach der Osteotomie oder Kortikotomie zu finden. Neben Hämatom und fibrinösem Exsudat wird dieses nach wenigen Tagen durch zahlreiche Kapillaren ersetzt. Fibroblastenähnliche und metabolisch aktive Zellen lagern sich nach Distractionsbeginn ein, die ihre Längsachse parallel zum Distraktorvektor ausrichten. Diese Zellen bilden eine fibröse Matrix, die überwiegend aus Typ-I-Kollagen besteht. Zwei Wochen nach Distractionsbeginn entwickelt sich eine reich vaskularisierte intermediäre Zone, die dichtes longitudinal ausgerichtetes kollagenes Gewebe enthält. Osteoblasten formieren sich

um die Gefäßsinus und bilden mit den kollagenen Fasern und Osteoid säulenartige Strukturen, die von der Osteotomieoberfläche auf die fibröse Zwischenzone zuwachsen. Hypertropher Knorpel ist bei suboptimalen Distraktionsbedingungen zu beobachten, wodurch der Umweg über die chondrale Knochenbildung notwendig wird oder eine Reifung des Gewebes ganz ausbleibt. Schon 3 Wochen später haben sich Gefäßsysteme den Interfragmentärspace eingelagert und gewinnen Verbindung nach end- und periostal [79]. In verschiedenen Studien wurde eine periostale als auch eine endostale Kallusbildung beobachtet [21,47,99]. Osteoblasten gehen dabei aus dem Kambium des Periostes sowie des Endostes hervor. Andere Studien ergaben, dass im Regenerat entdeckte Knorpelinseln auf eine zu schnelle Distraktionsgeschwindigkeit [99], Instabilität des Fixateurs [16] oder unzureichende Vaskularisierung zurückzuführen ist [39]. Des Weiteren fand man heraus, dass das Ausmaß mechanischer Dehnung die Entstehung chondraler oder ossärer Gewebe determiniert [60].

1.3.6 Ossifikation bei der Plattenosteosynthese

Bei der Dysgnathiechirurgie wird der Oberkiefer und Unterkiefer auf die gewünschte Länge vor-, oder rückverlagert und mit Hilfe von speziellen Dysgnathieplatten (Osteosynthesystem Modus Oss 2.0 an der Universität Münster) fixiert. Es kommen nach einer Kontinuitätsunterbrechung zwei Reperaturmechanismen in Frage, die primäre oder die sekundäre Knochenheilung. Es spielt dabei keine Rolle, ob eine Fraktur, Kortikotomie oder eine Osteotomie vorliegt. Die Ossifikation ist bei der Verlängerungsosteotomie eines Oberkiefers und Unterkiefers mittels Distraktionsosteogenese oder Plattenosteosynthese sehr ähnlich, nur dass der Distraktor eine Zugkraft auf die Knochensegmente sehr langsam ausübt (bis zu 1mm am Tag) und diese voneinander bewegt. Im Gegensatz zur Plattenosteosynthese werden die Knochensegmente direkt auf gewünschte Länge gebracht und mit den Platten stabilisiert. Die primäre Knochenheilung ist nur durch bestimmte Osteosyntheseverfahren (Platten, Schrauben) und durch optimale Reponierung der Knochenfragmente möglich. Des Weiteren geht diese Heilung ohne Kallusbildung und ohne Resorption einher [82].

Von einer Kontaktheilung spricht man, wenn sich die Frakturrenden berühren, dabei werden Mesenchymzellen aus den benachbarten Haverschen-Kanälen aktiviert und differenzieren sich zu Osteoblasten und Osteoklasten. In Verlaufsrichtung der Osteone bilden die Osteoklasten kleine Kanäle, die sich mit Gefäßen, Osteoblasten und Mesenchymzellen füllen. Die

Osteoblasten bilden Osteone, die sofort die beiden Knochenfragmente überbrücken und so gleich in den neu entstandenen lamellären Knochen integriert werden.

Eine andere Form der primären Knochenheilung ist die Spaltheilung. Die beiden Frakturenden stehen nicht in direktem Kontakt, daraus folgt, dass der Frakturspalt mit Geflechtknochen und nicht funktionsorientiertem Lamellenknochen umstrukturiert wird.

Später wandelt sich dieser in lamellären Knochen um.

Von einer sekundären Knochenheilung spricht man, wenn ein Spalt von mehreren Millimetern zurück bleibt, da eine stabile Reposition nicht möglich oder in dieser Studie nicht anzustreben war. Zudem füllt sich der Zwischenraum mit einem vorübergehenden Ersatzgewebe, auch Frakturkallus genannt. Nach der Fraktur des Knochens, entsteht wie oben schon beschrieben ein Hämatom. Daraufhin fließen pluripotente Mesenchymzellen ein, die den Zwischenraum erstmal durch einen Granulationskallus überbrücken. Anschließend kommt es zur Resorption von nekrotischem Gewebe und geschädigten Knochenzellen.

Der Kallus verfestigt sich im äußeren Randbereich durch den Umbau in straffes, kollagenreiches Fasergewebe und zwischen den Fragmenten in einen knorpeligen Kallus. Im Anschluss kommt es zu Mineralisation in Form einer desmalen Ossifizierung gefolgt von einer enchondralen Ossifikation. Der zunächst entstandene Geflechtknochen wird in funktionell orientierten Lamellenknochen umgebaut [82].



Abb.11

Primäre Knochenheilung, direkte Verbindung der Osteone ohne Kallusbildung [82]



Abb.12

Sekundäre Knochenheilung, Kallusbildung
zwischen den Frakturenden [82]

1.4 Entwicklung operationsspezifischer Verfahren

Durch die Entwicklung einer Operationssimulation mit Modellen Mitte der 70er Jahre durch Hogemann und Mitarbeitern (1975) und in den 1980er Jahren durch Bell (1980) und Turvey (1982) konnte man die in der Simulation ermittelten Änderungen der Kieferpositionen auf den Patienten übertragen [33]. Heutzutage wird an der Universität Münster vor der geplanten Operation anhand einer dreidimensionalen Modelloperation ein Operationsprotokoll erstellt. Dieses basiert mit Hilfe von Auswertungen der gesammelten diagnostischen Unterlagen und wird auf dem KD- MMS (Systematik des Münsteraner Kalibrierten Doppelsockelverfahrens) nach Prof. Dr. U. Ehmer durchgeführt. Auf dem voroperierten Modell wird ein intra- und postoperativer Kunststoffsplint hergestellt.

Zu den diagnostischen Unterlagen gehören ebenso die Fernröntgenseitenbilder, die Orthopantomogramme sowie gegebenenfalls Computertomographien und Magnetresonanztomographien. Letztere zwei können Schichtbilder anfertigen und mittels Softwareprogrammen dreidimensionale Visualisierungen ermöglichen und es können stereolithographische 3-D-Modelle erstellt werden [9,80]. Allerdings wird dieses aus Kostengründen und der hohen Strahlenbelastung nur für ausgeprägte kraniofazialen Dysgnathien in Betracht gezogen [100].

Mitte der 50er und Anfang der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts stellten Dal Pont (1961) und Obwegeser (1955) das Verfahren der sagittalen Kieferspaltung vor, das heute weltweit angewandt wird (Abb.13).

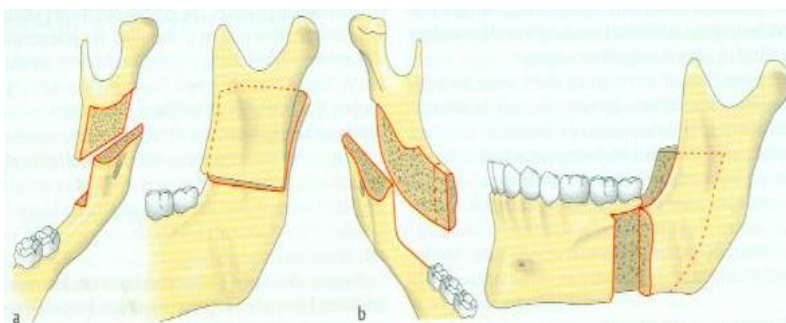


Abb.13

Sagittale Spaltung der aufsteigenden Unterkieferäste

a. Nach Obwegeser

b. Mit verlängerter bukkaler Lamelle nach Dal Pont [82].

Durch Arbeiten aus den Jahren 1965 von Obwegeser, 1970 von Bell und Mitarbeitern, 1975 von Bell und im gleichen Jahr von Epker und Wolford erhielt die Oberkieferverlagerung allerdings erst Jahrzehnte nach der ersten Anwendung den Status einer Routineoperation [3,25].

Als ein noch relativ junges operatives Verfahren lassen sich die gleichzeitige Osteotomie und die Verlagerung des Oberkiefers und Unterkiefers in nur einer Operationssitzung einstufen.

Das Prinzip, welches Obwegeser 1970 vorstellte und sich erst durch seine Publikation 1965 zu einem Routineverfahren entwickelte, war aber schon lange zuvor als Le Fort-I-Osteotomie (Abb.14) und Baustein der bimaxillären Operation bekannt gewesen [56].

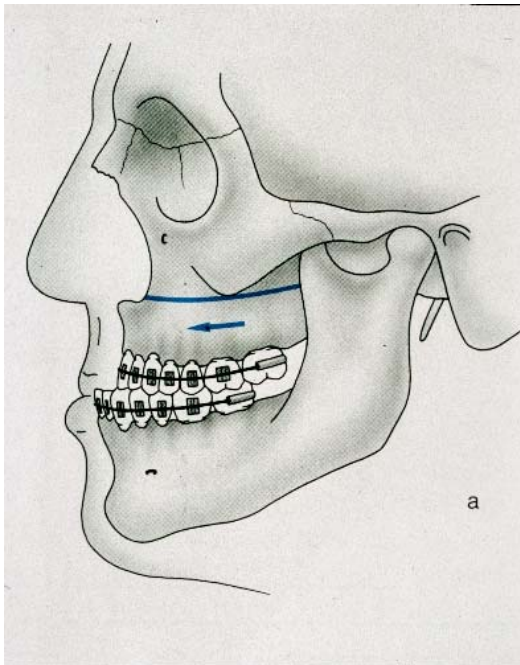


Abb.14

Isolierte Le Fort-I-Osteotomie zur Vorverlagerung eines retrognathen Oberkiefers [87]

Die Osteotomie des Oberkiefers galt bis dahin schon allein als relativ großer Eingriff, der oftmals mit großem Blutverlust und langer Operationszeit einherging. Die Entwicklung eines geeigneten Instrumentariums, einer verbesserten Technik und Fortschritte der Anästhesieverfahren machten die bimaxilläre Osteotomie im Laufe der Zeit weniger risikoreich [56].

1970 korrigierte Obwegeser zum ersten Mal eine ausgeprägte Progenie durch eine einzeitige bimaxilläre Osteotomie. Nach der operativen Einstellung der Okklusion und intermaxillärer

Immobilisation fixierte er den gesamten Ober- und Unterkieferblock [33]. Insbesondere die neuen Techniken trugen zu einer Verminderung des Risikos bei.

Bis heute ist die kombinierte kieferorthopädisch - kieferchirurgische Therapie von Dysgnathien ein gängiges Verfahren. Die moderne Dysgnathiebehandlung mit Plattenosteosynthese oder Distractionsosteogenese ist nicht nur eine chirurgische Disziplin, sondern umfasst heutzutage auch eine gute Zusammenarbeit verschiedener Netzwerke. Dieses Netzwerk beruht auf der Mitbeurteilung und Mitbehandlung von kieferorthopädischen, parodontologischen oder prothetischen Abteilungen sowie eine Ergänzung durch Konsultation der Fachdisziplinen Logopädie, Pädiatrie, Innere Medizin oder Hals- Nasen- Ohrenheilkunde.

Für die Stabilität ist heute eine ausreichende Fixierung entscheidend [22].

Verschiedene Studien zeigten, dass Miniplatten oder Schrauben stabiler gegenüber der Drahtosteosynthese sind [7,78,94].

Die Biomechanik des Unterkieferknochens wurde von Champy und Lodde untersucht, um die beste Stelle für die Fixierung von Osteosyntheseplatten zu ermitteln [13]. Weitere Untersuchungen zeigten, dass unter Belastung Mikrobewegungen im Spaltbereich bei Unterkieferosteosynthesen nach Osteotomien höher waren als nach Frakturen [70]. Gegen Ende der 90er Jahre entwickelte Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. U. Joos ein System zur Osteosynthese, das es ermöglichte, nach stabiler Fixation intraoperativ eine dreidimensionale Rejustierung zur Feineinstellung vorzunehmen und so eine Dislokation der Kondylen vorzubeugen [41]. Das Osteosynthesystem Modus® Oss 2.0 (der Firma Straumann) wird heutzutage an der Universität Münster verwendet und dient zur Korrektur aller Fehlstellungen im Unterkiefer und Oberkiefer.

Diese Implantatschrauben und –platten bestehen aus hochwertigem Reintitan, die eine ausgezeichnete Körperverträglichkeit und eine hohe Festigkeit aufweisen [64,95].

Als eine anerkannte Therapiealternative zur Behandlung ausgeprägter mandibulärer Hypoplasie dient die Kallusdistraction.

Die Folge eines hypoplastischen Unterkiefers ist meistens ein- und doppelseitige Entwicklungsstörungen, die erblich bedingt als auch erworben sein können [8].

Die vertikalen Entwicklungsstörungen im Unterkiefer können beruhen auf einer Form der Dysostosis otomandibularis (Syndrom des ersten und zweiten Kiemenbogens) oder die Folge frühkindlicher Entzündungen und Traumata des Kiefergelenkes [65,42]. Die Ursache einer horizontalen Entwicklungsstörung sind dislozierte verheilte Frakturen und das insuffiziente

Wachstum nach Unterkieferrekonstruktionen am zahntragenden Anteil des Corpus mandibulae [8].

Auch bei schweren kraniofazialen Deformitäten ist die Distraktionsosteogenese die Therapie der Wahl. Nach erfolgter Le Fort-III-Osteotomie, wird auf eine direkte Verlagerung des Mittelgesichtes und Fixation mit Platten verzichtet. Insbesondere bei angeborenen Spaltbildungspatienten oder in dieser Studie auch bei Morbus Crouzon- und Apert-Syndrom-Patienten, ist der Distraktor aufgrund der Knochen- und Weichgewebsdefizite mit den jeweiligen Narbenzügen von Voroperationen gut geeignet. Die Vorteile der Distraktionsosteogenese sind im Wesentlichen, dass das Weichgewebe sukzessiv mobilisiert wird. Zudem kommt hinzu, dass diese Technik im wachsenden Gesichtsskelett ihre Anwendung findet.

Dennoch können sich klinische Komplikationen bei der intraoralen Distraction ergeben, dazu gehört die limitierte Größe der Geräte, die zu distrahierenden Strecken und die Zweitoperation zur Entfernung des Gerätes [97]. Eine Verletzung des Nervus alveolaris sollte bei der Osteotomie, bei der Fixierung und bei der Distraction als solches vermieden werden. Eine aktive Mitreaktion des Nervengewebes ist experimentell bei einem Hunderversuch bei moderaten Distractionprotokollen mit einer Distraction von 1mm/d nachgewiesen worden, so gleich kann eine Schädigung des Nervus alveolaris bei einer forcierten Distraction aber nicht ausgeschlossen werden [6,96,35].



Abb.15 Modell einer kombinierten Osteotomie: Le Fort-I-Osteotomie mit beidseitigen Distraktoren, Unterkiefer Spaltung nach Obwegeser Dal Pont mit Dysgnathiespezialplatten.

2. Material und Methode

2.1 Patientengut

Aus einem Kontingent von insgesamt 1354 Patienten (1999-2009) wurden 38 Patienten ausgewählt, bei denen eine operative Vorverlagerung des Oberkiefers und Unterkiefers durchgeführt worden war.

Ein Kollektiv bestand aus 25 Patienten, die eine Retrognathie im Oberkiefer aufwiesen, von denen 10 Patienten mit Distraktoren und 15 Patienten mit Kraniofazialosteosyntheseplatten behandelt wurden.

Bei den 10 Oberkiefer-Distraktionspatienten wurden folgende Operations-Methoden durchgeführt: die Segmentosteotomie nach Zisser (n=2), eine isolierte Le Fort-III-Osteotomie (n=1), eine kombinierte Le Fort-III-Osteotomie mit einem frontalem Advancement (n=2) und eine isolierte Le Fort-I-Osteotomie (n=5).

Unter den Distraktionspatienten waren 9 Patienten mit Syndromen (Lippen-Kiefer-Gaumen Spalte n=6, Morbus-Crouzon n=2, Apert-Syndrom n=1).

Das Kollektiv mit 15 Kraniofazialosteosyntheseplatten erhielt eine sagittale Vorverlagerung mit einer Le Fort-I-Osteotomie. Keiner dieser Patienten wies ein Syndrom auf.

Im Unterkiefer wurde das gesamte Kollektiv (n=13) mit einer sagittalen Spaltung nach Obwegeser/DalPont therapiert.

Fünf Patienten wurden mit Distraktoren und 8 Patienten mit Hilfe von Dysgnathiespezialplatten behandelt. Darunter befanden sich keine Syndrompatienten.

Alle Operationen wurden von erfahrenen Dysgnathie-Chirurgen durchgeführt.

Aus den ambulanten und stationären Akten konnte von jedem Patienten eine Dokumentation des Behandlungsverlaufes entnommen werden.

2.2 Das Fernröntgenseitenbild

Von den 1354 Dysgnathiepatienten, in einem Zeitraum von 1999 bis 2009, konnten nur 38 Patienten in der hier vorliegenden Studie aufgenommen werden, aufgrund von nicht vollständigen Fernröntgenseitenbildern.

Von jedem Patienten wurden drei Fernröntgenseitenbilder (FRS) herangezogen:

Unmittelbar prä- und postoperativ und mindestens 6 Monate und höchstens 57 Monate postoperativ.

Diese Bilder wurden mit Hilfe von Variablen folgendermaßen definiert: frs1 (FRS präoperativ), frs2 (FRS unmittelbar postoperativ), frs3 (FRS nach Ende der Distraction), frsf (FRS Monate/Jahre postoperativ).

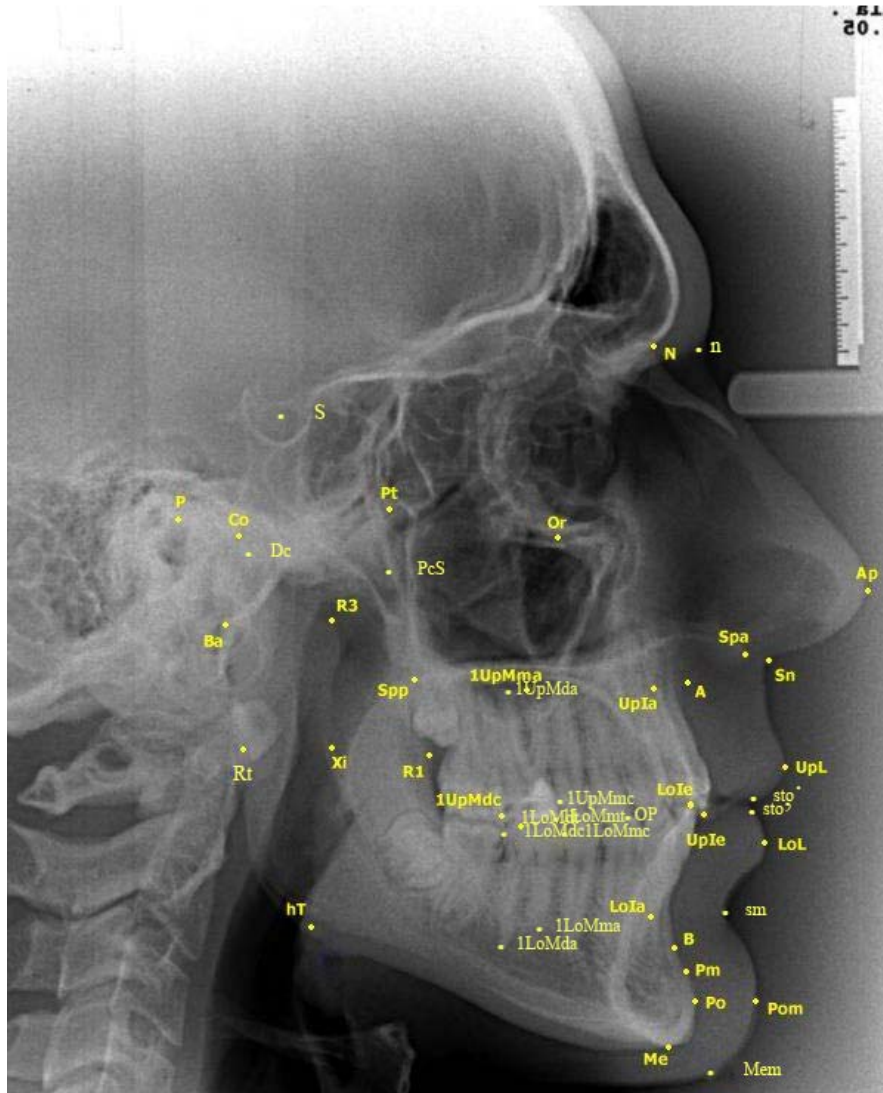
Die prä- und postoperativen Fernröntgenseitenbilder wurden von einem Scanner Modell Lumiscan 150 eingescannt und mit Adobe Photoshop (Version 7.0) bearbeitet.

Mit Hilfe der modernen Diagnostik Software FR-WIN der Firma Computerkonkret Modell/Typ 6 wurden die Fernröntgenseitenbilder kephalometrisch ausgewertet. Mit dieser Software können Fernröntgenbilder, Handröntgenaufnahmen, Fotos und Modelle diagnostiziert und analysiert werden. FR-WIN enthält die auf Ricketts [55] basierende XX-Regionen-Analyse in der Kombination nach Prof. U. Ehmer, welche an der Universität Münster gelehrt wird und standardmäßig zur Fernröntgenseitenbild-Auswertung klinische Verwendung findet [24].

2.2.1 Meßpunkte

Für die Auswertung des Fernröntgenseitenbildes müssen vorab Referenz-Punkte definiert werden, um damit Strecken und Ebenen zu konstruieren. Die vertikalen und horizontalen Ebenen bilden Strecken und Winkel, deren Maße in Bezug zu Normwerten gesetzt werden, um Informationen über das Wachstumsmuster, die skelettalen Relationen der Kiefer und der Zähne zu erhalten.

2.2.2 Skelettale Meßpunkte



N: Nasion liegt auf dem untersten, vordersten Teil der v-förmigen Einziehung der Sutura nasio frontalis. Da im Alter diese v-förmige Einziehung verschwindet, wird der Punkt Nasion dann dort eingezeichnet, wo sich Os frontale und Os nasale berühren.

Or: Orbitale, am weitesten caudal gelegener Punkt des knöchernen Orbitarandes

Pt: Fossa pterygoidea, am weitesten cranial und posterior gelegener Punkt der Pterygo-maxillaren Fissur

S: Sella-Mitte, Mittelpunkt der knöchernen Krypte der Sella turcica

- P: Porion, am weitesten cranial gelegener Punkt des äußeren knöchernen Gehörgangs
- Ba: Basion, unterster und hinterster Punkt des Foramen magnum
- Ar: Articulare, ist der Schnittpunkt der Tangente am aufsteigenden Ast des Unterkiefers und der Schädelbasis
- Co: Condylon, am weitesten oben gelegener Punkt des Condyluskopfes
- Dc: mittlerer Punkt des Condyluskopfes
- R3: tiefster Einzug der Incisura semilunaris
- PcS: Spitze des Processus coronoideus
- R1: tiefster Einzug der Ramus-Vorderkante auf halber Distance zwischen inferiorer und superiorer Kontur
- Rt: Ramus-Tangentenpunkt, Tangentenpunkt vom Articulare an den Hinterrand des aufsteigenden Astes
- ht: horizontaler Tangentenpunkt
- Me: Menton, am weitesten caudal gelegener Punkt des knöchernen Kinns
- Po: Pogonion, am weitesten fazial liegender Punkt der Unterkieferkuvertur
- Pn: Supra-Pogonion, Übergangspunkt an der Kinnkontur von der Konvexität zur Konkavität
- B: B-Punkt, der dorsalste Punkt der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes
- Lola: Lower incisor apex

1 LoMma:	First lower molar mesial apex
1 LoMda:	First lower molar distal apex
1 LoMdc:	First lower molar distal contact
1 LoMdt:	First lower molar distal tip
1 LoMmt:	First lower molar mesial tip
1 LoMmc:	First lower molar mesial contact
1 UpMmc:	First upper molar mesial contact
1 UpMmt:	First upper molar mesial tip
1 UpMdt:	First upper molar distal tip
1 UpMdc:	First upper molar distal contact
1 UpMda:	First upper molar distal apex
1 UpMma:	First upper molar mesial apex
Spp:	Spina nasalis posterior, hinterster Punkt des Maxilla bzw. des knöchernen Nasenbodens
Spa:	Spina nasalis anterior, vorderster Punkt der Maxilla bzw. des knöchernen Nasenbodens
A-Punkt:	der dorsalste Punkt der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes
Upla:	Upper incisor apex

Uple: Upper incisor edge

Lole: Lower incisor edge

OP: vorderer Okklusalplanumpunkt

2.2.3 Meßpunkte des Weichteilprofils:

n: Hautnasion, tiefster Punkt der Weichteilkonkavität auf Höhe der Sutura

Ap: sagittale Nasenspitze, der am weitesten anterior gelegene Punkt

Sn: subnasale, hinterster Nasenspitzenpunkt im Übergang vom Nasensteg zur Oberlippe

UpL: Upper Lip

sto: stomion oben, Mundspalte oben, wenn sich die Lippen nicht berühren

sto': stomion unten, Mundspalte unten, wenn sich die Lippen nicht berühren

LoL: Lower Lip

Sm: supramentales Weichteil, dieser Punkt wird im tiefsten Punkt der Labiomentalfalte markiert

Pom: Pogonion molle, der ventralste Punkt des Kinns im Weichteilbereich

Mem: menton molle, der am weitesten anterior und caudal gelegene Punkt des Weichteilkinns

H: Halspunkt

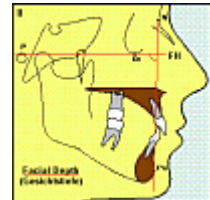
2.2.4 Winkelmessung

Mit den Referenzpunkten wurden die Winkelmaße bestimmt, die für diese Arbeit von entscheidender Bedeutung waren:

Gesichtstiefe

Facial Depth

Zwischen **FH (P-Or)** und **FP (N-Po)** nach hinten gemessener Winkel.



<u>Normwerte:</u>	SD	9 J.	18 J. w	18 J. m
	± 3	87°	89°	90°

Dieser Winkel wird im Alter größer und dient zur Bestimmung der UK-Position zum Schädel.

Unterkiefer-Rücklage = kleiner Winkel

Unterkiefer-Vorlage = großer Winkel

Bei Vorlage des Kinns ist dieser Winkel auch vergrößert. Stärker als N wächst Po.

Relative mandibuläre

Länge

Rel. Mandibular Length

Beschreibt einen linearen Wert zwischen **Co** und **Po** in mm.



<u>Normwerte:</u>	SD	9 J.	18 J. w	18 J. m
	± 6	106 mm	121 mm	131 mm

Wird im Wachstumsalter größer.

Maxillaposition

Zwischen **Ba-N** und **N-A** nach hinten unten gemessener Winkel.

Gibt Informationen über die Position des Oberkiefers zur Schädelbasis. Winkel bleibt konstant während des Wachstums.



Normwerte:	SD	9 J.	18 J. w	18 J. m
	±2	64°	64°	64°

Maxilläre Retrognathie = kleiner Winkel

Maxilläre Prognathie = großer Winkel

Relative maxilläre Länge

Rel. Maxillary Length

Beschreibt einen linearen Wert zwischen **Co-A** in mm. **Co** wird im Wachstum größer und ist daher nicht für OK spezifisch. Die relative OK-Länge kann aus der **relativen UK-Länge** errechnet werden. Von OK zu UK kann die Harmonie bestimmt werden (1:1,2).



Normwerte:	SD	9 J.	18 J. w	18 J. m
	±6	86 mm	92 mm	95 mm

Abb.16

Auswertung der FRS-Aufnahme nach der XX-Analyse [24].

2.2.5 Präoperative Planung

Die kieferorthopädischen Vorbehandlung dauert in der Regel, je nach Ausgangsbefund, bis zu 2 Jahre. Im Anschluss wird vor der geplanten Operation anhand einer 3-dimensionalen Modelloperation, die mit Hilfe von Auswertungen der gesammelten diagnostischen Unterlagen basierend auf dem KD- MMS (Systematik des Münsteraner Kalibrierten Doppelsockelverfahrens) nach Prof. Dr. U. Ehmer durchgeführt wurde, ein Operationsprotokoll erstellt. In diesem Protokoll werden Verlagerungsrichtung und –ausmaß der Kiefer eingetragen. Ein zur intra- und postoperativen benötigten Fixierung wird auf dem voroperierten Modell ein Kunststoffsplint hergestellt (Repositionssplint/Endsplint). Für die Distractionsosteogenese wird ein Gleitsplint benötigt.

2.3 Operationsmethoden

2.3.1 Le Fort-I-Osteotomie

Die Operation findet in nasaler Intubationsnarkose statt. Zunächst wird eine Rachentamponade gelegt und ein Lokalanästhetikum (Ultracain DS oder Xylocain) im Operationsgebiet appliziert. Es folgt eine paramaginale Schnittführung von Regio 15 bis 25 mit der Abklappung eines Mukoperiostlappens und Darstellung der fazialen Kieferhöhlenwand, der Crista zygomatico alveolaris, des Nervus infraorbitalis und der Apertura piriformis. Des Weiteren kommt es zur Lösung des Nasenschlauches aus dem knöchernen Nasenskelett.

Mit einer oszillierenden Säge wird die horizontale Osteotomie von der Crista zygomatico alveolaris bis zur Apertura piriformis beidseits durchgeführt.

Die Osteotomie wird mit dem geschützten Meißel dorsal der Crista zygomatico alveolaris bis zum Tuber, als auch im Bereich der lateralen Nasenwand und des Nasenseptums fortgeführt.

Die Sutura pterygopalatina wird mit dem Meißel nach Tessier über eine Inzision im Retromolarbereich gespalten. Der Oberkiefer wird nach down-fracture komplett mobilisiert, gegebenenfalls erfolgt der Einsatz von Rüttelzangen.

Die intraoperative angestrebte okklusale Position wird durch einen Kunststoffsplint (Repositionssplint) verschlüsselt der mit Drähten der Stärke 0,4 mm im Oberkiefer eingebunden wird.

Die Osteosynthese wird im Anschluß durch vier Modus-2.0-Miniplatten paranasal im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris beidseits angebracht.

Die intermaxilläre Fixation wird gelöst und die Okklusion überprüft. Es erfolgt die Entfernung der Rachentamponade mit anschließenden Verschluß der Wunde.



Abb.17



Abb.18

Abb.17: präoperatives Fernröntgenseitenbild mit einem retrognathen Oberkiefer

Abb.18: unmittelbar postoperatives Fernröntgenseitenbild mit Fixierung von Miniplatten paranasal im Bereich der Crista zygomatico – alveolaris und eine intermaxilläre Fixation



Abb.19.

Ausgangssituation



Abb.20

Nach Abschluß der Therapie

Bei der Anbringung zweier Distraktoren wird auf der Le Fort-I-Ebene in typischer Weise eine Osteotomie durchgeführt. Es wird keine down-fracture vorgenommen, sondern der durchtrennte Oberkiefer-Anteil wird nur leicht mit dem Meißel mobilisiert. Anschließend folgt die Einbringung der 2.0-Distraktoren (Fa.Medartis,Basel Schweiz) und deren Fixation mit Schrauben. Dann werden die Distraktoren versuchsweise mobilisiert. Nach gutem Gelingen erfolgt ein plastischer Verschluß der Wunden.

Die Verlängerungswellen werden mit Drähtchen an der Schuardt-Schiene fixiert. Im Anschluss wird ein Druckpflasterverband und eine Magensonde gelegt.



Abb.21



Abb.22

Abb.21,Abb.22: Le Fort-I-Osteotomie mit Fixierung zweier Distraktoren und einer zusätzlichen Stabilisierung mit einer Schuardt-Schiene.

2.3.2 Le Fort–III-Osteotomie mit frontalem Advancement und die Fixierung zweier

Distraktoren

Dieses Verfahren dient der Vorverlagerung des gesamten Mittelgesichts, in dem der Patient in gewohnter Weise auf dem Operationstisch gelagert und orotracheal intubiert wird. Nach dem Rasieren eines ca. 2 cm breiten Haarkranzes von Ohr zu Ohr folgt das Vorspritzen von Ultracain-DS im Bereich des Zugangsweges.

Die erste Inzision wird im Bereich der Haaransätze von präaurikulär (links nach rechts) im Sinne eines Bügelschnitts durchgeführt. Nach sorgfältiger Blutstillung und Sicherung der Wundränder mit der Codmann-Wundklemme wird von epiperiostal nach anterior ein Galealappen präpariert.

Die Periostschlitzung findet oberhalb der Stirnhöhle statt. Von dort erfolgt eine subperiostale Weiterpräparation bis auf die Höhe der Nasenwurzel und lateralen Orbitawand beidseits. Mit der anschließenden vorsichtigen Freipräparation der Orbitadächer von der Orbita aus werden im Bereich des Planum frontale die Bohrlöcher markiert.

Die anteriore Kraniotomie mit Ablösung der Stirnknochen von der Dura wird mit Hilfe von Neurochirurgen durchgeführt.

Es folgt eine vorsichtige intrakranielle Präparation unter Schonung des Neurokraniums bis auf das Dach der Orbita. Die Kraniotomie beginnt lateral im Bereich des Orbitapfeilers mittels einer oszillierenden Säge (Kraniotom).

Besonders wichtig ist das sorgfältige Schützen des Neurokraniums sowie des Orbitainhaltes mit entsprechenden Hirn- und Orbitaspateln.

Für die fortführende Operation wird durch das Dach der Augenhöhle bis nach paranasal beidseits osteotomiert und mittels Meißel im Bereich des Nasenansatzes nach kaudal mobilisiert. Hierbei wird der Verlauf des Sinus frontalis und Sinus cavernosus beachtet und geschützt. Anschließend folgt die vertikale Spaltung des Jochbeinansatzes als kaudal/laterale Begrenzung der Mittelgesichtsosteotomie.

Auf dem vorhandenen festen mobilen Anteil werden jeweils zwei Distraktionsgeräte, rechts und links, zur Distraction des Mittelgesichts verwendet. Die Distraktoren werden vor der Befestigung auf Leichtgängigkeit überprüft.

Der vordere Teil des Distraktors wird auf beiden Seiten hinter dem Jochbogen fixiert. Der hintere Teil wird am Os temporale angebracht und mittels Minischrauben fixiert. Eine Vordehnung von etwa 0,5 mm wird intraoperativ überprüft.

Anschließend wird sich der entnommenen Frontalschuppe zugewandt.

Diese wird mit Hilfe von 2.0 - Kraniosynthespezialplatten in der Position eines frontalen Advancement befestigt.

Nach der Blutstillung mit der bipolaren Koagulationspinzette wird die Muskelfaszie mit Vicryl-2/0 Einzelknopfnähten zugenäht. Im Anschluss folgt das Zurückschlagen des Galealappens sowie der Verschluss des Bügelschnitts mehrschichtig mit tiefen Vicryl-2/0 Einzelknopfnähten und einer Hautnaht mit Monocryl fortlaufender Naht nach Einlage einer Jackson-Pratt-Drainage.

Abschließend wird ein Kopfverband angelegt.

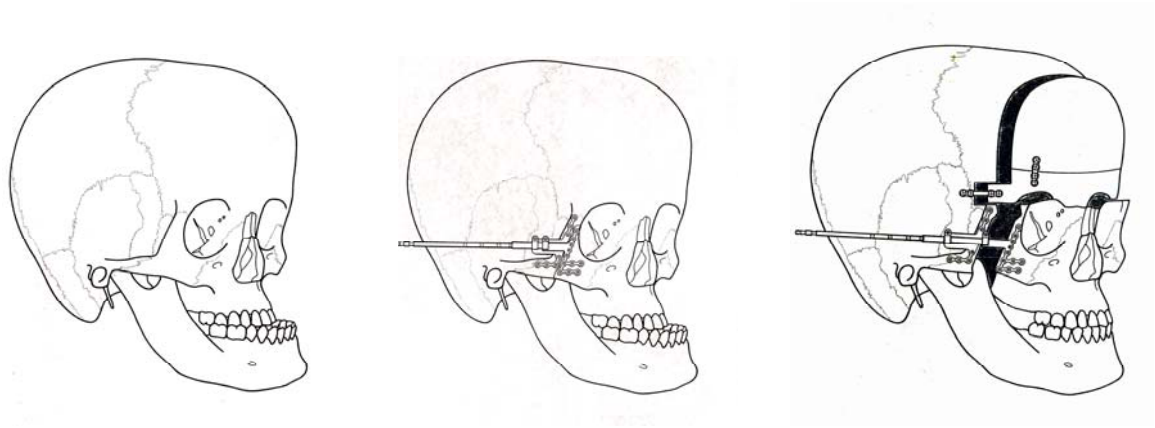


Abb.23

Schematische Darstellung des operativen Procederes bei der Kombination einer Le Fort-III-Distraktionsosteogenese (Distraktorsystem Modus Oss 2.0, Fa. Medartis, Basel, Schweiz) und eines frontalen Advancement.

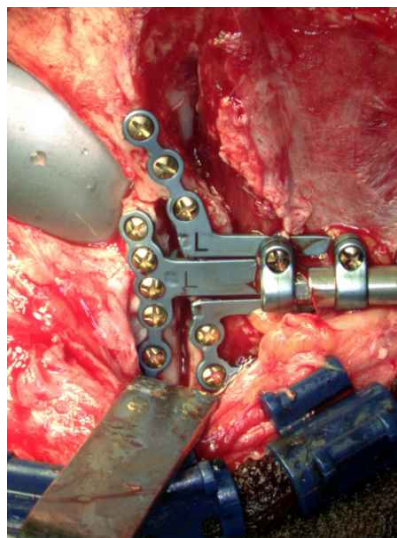


Abb.24 Distraktor in situ nach einer Le Fort-III-Osteotomie

2.3.3 Segmentosteotomie nach Zisser im Oberkiefer und Fixierung zweier Distraktoren

Die Operation beginnt mit dem Einbinden einer Schiene im Ober- und Unterkiefer jeweils von 15 bis 25. Anschließend folgt die paramarginale Schnittführung im Oberkiefer-Vestibulum von 27 bis 24 als auch das Abschieben eines Mukoperiostlappens. Es kommt zur Darstellung der Crista zygomatico alveolaris und des Infraorbitalrandes nach anterior bis in den Bereich der Apertura piriformis. Weiter geht es nach kaudal mit der Präparation des Alveolarfortsatzes und einer V-förmigen Schnittführung in der Oberkieferfront.

Die gesamte Apertura piriformis wird dargestellt mit einer anschließend tunnelierenden Präparation nach lateral bis in den Bereich der fazialen Kieferhöhlenwand. Im Anschluss folgt die Präparation der rechten Seite durch gleiches Vorgehen wie auf der linken Seite. Nun wird die Osteotomielinie mit der Kugelfräse markiert und ein Modus-Distraktor appliziert. Dieser wird auf eine Art angebracht, dass der anteriore Anteil im Segment und der posteriore Anteil im Bereich der Crista zygomatico alveolaris fixiert werden. Die Osteotomie erfolgt mit der Kugelfräse, dem geschützten Meißel und dem Dentinmeißel. Das komplette Segment anterior des Zahnes 26 wird somit mobilisiert.

Dann kommt es zur Präparation des Nasenschlauches. Mit Hilfe eines Septummeißels erfolgt das Abtrennen des Nasenseptums.

Daraufhin wird die rechte Seite präpariert und auch hier wird zunächst die Osteotomielinie markiert sowie ein Modus-Distraktor angebracht. Auf diese Weise wird die Osteotomie vervollständigt. Im Folgenden wird der Distraktor aktiviert. Die Wundfläche kann nun versäubert und ein sukzessiver speicheldichter Wundverschluss mit Vicryl-3/0-Einzelknopfnähten gegebenenfalls mit Rückstichnähten verschlossen werden.

2.3.4 Unterkiefer-Osteotomie nach Obwegeser /Dal Pont

In der Mund–Kiefer- und Gesichtschirurgie Münster wird die sagittale, stufenförmige Spaltung des aufsteigenden Astes nach Obwegeser in der Modifikation nach Dal Pont durchgeführt.

Der Ablauf stellt sich wie folgt dar:

Zunächst wird die Schuchardt-Schiene im Ober- und Unterkiefer jeweils von 6 bis 6 eingebunden.

Die bogenförmige Schnittführung verläuft entlang der Vorderkante des aufsteigenden Unterkiefer-Astes paramaginal nach anterior bis in den 3er-Bereich. Es folgt das Abschieben des Mukoperiostlappens nach vestibulär und eine subperiostale Präparation an der Vorderkante des aufsteigenden Unterkiefer-Astes bis in den Bereich des Processus muscularis als auch eine subperiostale Präparation nach lingual-dorsal. Nach der Identifikation und Schonung des Nervus alveolaris inferior wird kranial der Lingula die Obwegeser-Rinne eingebracht. Als erstes wird eine horizontale Osteotomie mit der Kugelfräse durchgeführt und anschließend die vertikale Osteotomie nach anterior entlang des Vorderrandes des aufsteigenden Unterkiefer-Astes bis in den Bereich der Regio 17. Die abschließende vertikale Osteotomie am basalen Unterkiefer-Rand findet im Bereich der Sechser und Siebener statt. Nach der Osteotomie mit dem Meißel liegt der Nervus alveolaris inferior im medialen Fragment und sollte in seiner Kontinuität komplett erhalten bleiben. Dasselbe Verfahren kann nun auf der Gegenseite fortgeführt werden.

Nach der kompletten Mobilisation des Unterkiefers wird nun der Endsplint im Oberkiefer mit zwei Drahtligaturen eingebunden. Es folgt die Vorverlagerung des Unterkiefer-Segmentes in die gewünschte Position und dessen Fixierung über Drahtligaturen. Im Anschluss wird eine Dysgnathiespezialplatte im linken Unterkiefer-Bereich mit Minischrauben dorsal und mit einer Tellerschraube im anterioren Segment angebracht. Das gleiche Vorgehen folgt nun auf der rechten Seite.

Nach dem Öffnen der intermaxillären Verschnürung (IMV) sollte eine spannungsfreie, der Planung entsprechende Position des Unterkiefers erreicht werden. Ansonsten können Korrekturen erfolgen, mit Hilfe der Tellerschraube (Abb.28). Nur die primären

Fixationsschrauben an den Tellern müssen leicht gelöst werden und diese, nach erneuter Positionierung der Fragmente, wieder angezogen werden.

Eine erneute intermaxilläre Verschnürung über Drahtligaturen wird durchgeführt.

Abschließend erfolgen die Bohrungen der anterioren Schrauben, die Fixierung der gesamten Platten mit Schrauben und die Entfernung der Tellerschrauben (Abb.29).

Danach beginnen die ausgiebigen Spülungen der Wundflächen, die Entfernung der Rachentamponade und der speicheldichte Wundverschluß.

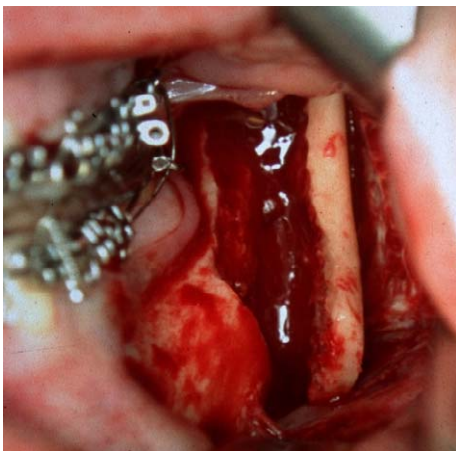


Abb.27

Unterkiefer-Osteotomie nach Obwegeser /Dal Pont

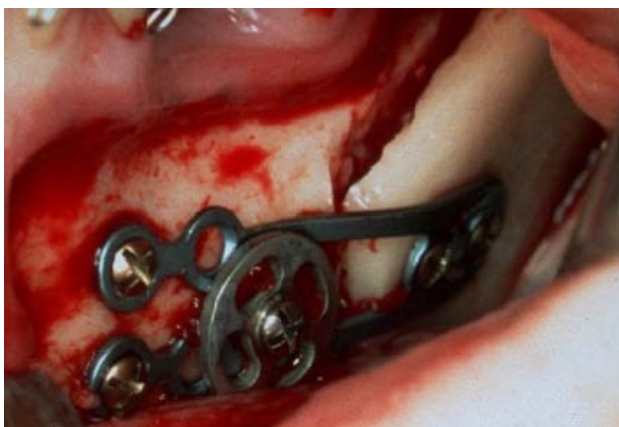


Abb.28

Dysgnathiespezialplatte in situ



Abb.29

Entfernung der Tellerschraube

Bei der Applikation von zwei Distraktoren im Unterkiefer wird, wie oben beschrieben, eine Unterkiefer-Osteotomie nach Obwegeser/Dal Pont durchgeführt.

Nachdem die Mobilität der Unterkiefer-Segmente erreicht worden ist, wird der Gleitsplint mit Drahtligaturen im Oberkiefer eingebunden.

Die beiden Distraktoren werden über den Osteotomiespalt rechts/links abgebogen und jeweils anterior und dorsal mit zwei Schrauben fixiert. Der Distraktionskolben kommt parallel zur Okklusionsebene zu liegen (Abb.30). Säuberung der Wundfläche und Wundverschluß mit Vicryl-3/0-Einzelknopf- und Rückstichnähten.

Abschließend wird der Unterkiefer über Gummis an den Oberkiefer adaptiert. Die beiden Distraktionskolben liegen im Unterkiefer-Vestibulum reizlos neben der Okklusionsfläche und sollten die Okklusion nicht stören. Es folgt die Entfernung der Rachentamponade und die Übergabe an die Anästhesie zur Extubation.



Abb.30

Postoperatives Orthopantomogramm: Unterkiefer-Osteotomie nach Obwegeser/Dal Pont mit anschließender Applikation von zwei Distraktoren

Hinzuzufügen ist, dass im Oberkiefer als auch im Unterkiefer die Distraction unter Anwendung eines schrittweisen Distractionsprotokolls entsprechend der Methode von Meyer et al. (1mm pro Tag) umgesetzt wurde [61]. Interokklusale Gleitsplinte dienten dazu um Okklusionshindernisse durch den Unterkiefer/Oberkiefer auszuschließen. Die Distraktoren wurden ca. 6 Wochen nach Beendigung der Distractionsphase operativ entfernt. Anschließend wurden Endsplinte eingesetzt, um die endgültige Position des Kiefers festzulegen und die Kieverhältnisse zu sichern.

Nach Entfernung des Distraktors wird zur Rezidivprophylaxe an der Universität Münster bei einigen Patienten eine Delaire-Maske angebracht (Abb.31). Es ist ein extraorales Behandlungsgerät, welches 1976 nach Delaire [20] zur Behandlung von Progenien verwendet wurde, mit einer Stirn-Kinn-Abstützung sowie eine intraoralen Apparatur. Sie dient zur Aufdehnung von kranialen und fazialen Suturen, um dann dort ein appositionelles Knochenwachstum zu erzielen.

Die Metallentfernung bei der Plattenosteosynthese im Oberkiefer und Unterkiefer erfolgte ca. nach 1 Jahr.



Abb.31

Delaire-Maske

2.4 Auswertungen der Krankenblätter

Aus dem vorhandenen Kollektiv wurde von jedem Patient ein Protokoll erstellt, das sich aus den ambulanten und stationären Akten zusammensetzt.

Dabei wurden persönliche Daten, als auch klinisch relevante Daten erfasst.

Verifiziert wurde dabei folgendes:

- Familienanamnese
- Dauer der kieferorthopädischen Vor- und Nachbehandlungen in Jahren
- Gebiss-Situation
- Operationstag (Datum)
- Therapie
- Hämoglobin-Werte vor/nach dem operativen Eingriff
- Operationsdauer in min
- Komplikationen
- Stationäre Verweildauer in Tagen
- Nachbehandlung
- Oberkiefer/Unterkiefer Vorverlagerung in mm
- Schmerzmittel/Antibiotika
- Logopädie/Physiotherapie
- Metallentfernung (Datum)
- Komplikation bei der Metallentfernung
- Stationäre Verweildauer bei der Metallentfernung
- Weitere Therapie

Bei dem Kollektiv, das eine Vorverlagerung mit Distraktoren hatte, ergänzte sich das Protokoll:

- Beginn der Distraction (Tag)
- Aktivierungsdauer
- Wer dreht
- Distraktionsstrecke in mm
- Komplikationen bei der Distraction
- Entfernung des Distraktors (Tag)

2.5 Ziel der Arbeit

Um in dieser Studie die Rezidive der Osteosynthesematerialien (Distraktoren vs. Platten) im Oberkiefer zu verifizieren, wurde der Winkel Maxillaposition (Winkel zwischen BA-N und N-A) und die relative maxilläre Länge (linearer Wert zwischen Co und A in mm) berechnet.

Bei dem Kollektiv, das distrahiert worden ist, wurde das postoperative Fernröntgenseitenbild nach der Distraction (frs3) ausgewertet und mit dem Fernröntgenseitenbild einige Monate/Jahre postoperativ (frsf) verglichen, um festzustellen, ob ein Rezidiv stattgefunden hat. Die Fernröntgenseitenbilder des Kollektivs, das mit den Platten fixiert worden ist, konnten unmittelbar postoperativ (frs2) evaluiert werden. Anschließend folgte der Vergleich mit dem postoperativen Fernröntgenseitenbild einige Monate / Jahre später (frsf).

Um das Rezidiv im Unterkiefer festzustellen, wurden der Winkel der Gesichtstiefe (P-Or und N-Po nach hinten gemessener Winkel) und die Relative mandibuläre Länge (linearer Wert zwischen Co und Po in mm) herangezogen.

Die Auswertung des Kollektivs erfolgte computergestützt mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 14.0. Die Diagnostik und Kontrolle von Kieferverlagerungen wird üblicherweise entsprechend der Verfahren der Dysgnathiechirurgie mittels standardisierter Röntgendiagnostik (FRS,FRF,OPG etc.) durchgeführt. Evaluierung in der dritten Dimension erlaubten CT-Aufnahmen und das daraus generierte Modell sind ein additives Diagnostikum, vor allem bei Fehlbildungspatienten [4,30,72].

3. Ergebnisse

3.1 Patientenauswahl

In einem Zeitraum von 10 Jahren (1999-2009) wurden von den 1354 Patienten insgesamt 251 Dysgnathiepatienten im Oberkiefer, 619 im Unterkiefer und 484 andere Dysgnathien (bimaxilläre-Operationen, Genioplastik) in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie des Universitätsklinikum Münster operiert (Abb.32). Bei genauerer Betrachtung wurden bei 212 Patienten mit Oberkieferosteotomien Osteosyntheseplatten und bei 39 Patienten Distraktoren verwendet. Im Unterkiefer wurden 600 Patienten mit Dysgnathiespezialplatten und 19 Patienten mit Distraktoren (n=19) therapiert.

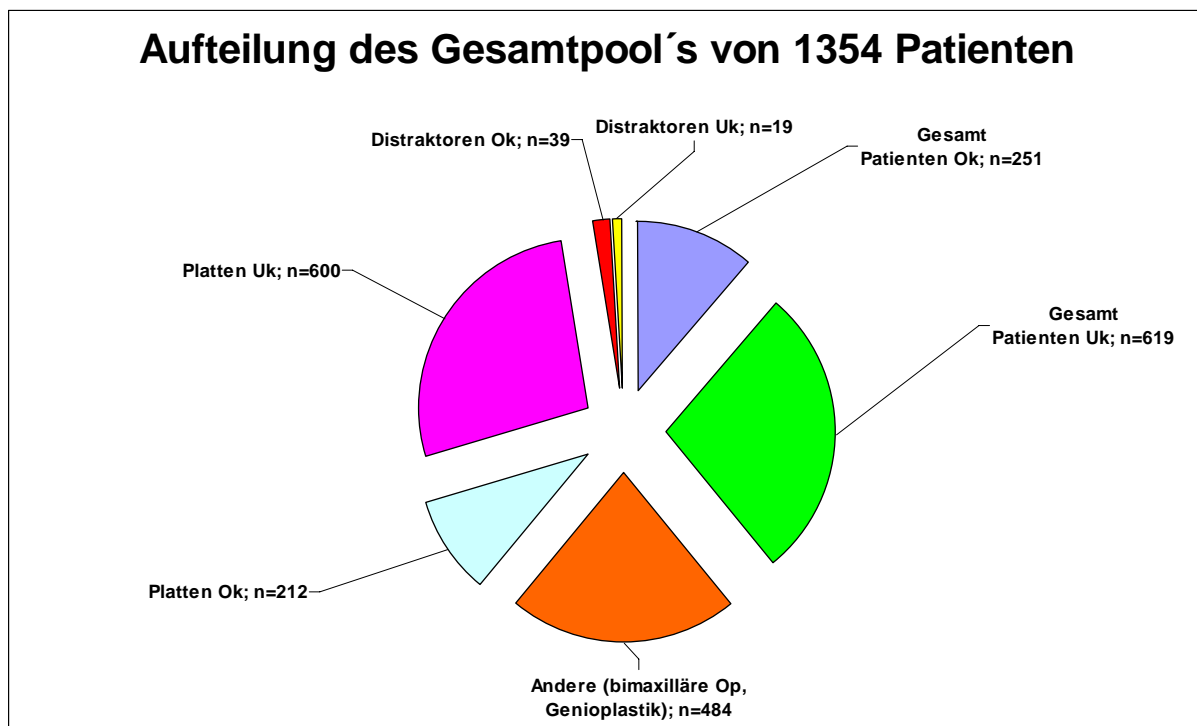


Abb. 32

3.1.1 Geschlechtsverteilung

Das Kollektiv (n=38), ist im Oberkiefer mit Kraniofazialosteosyntheseplatten behandelt und besteht zu 73,3% aus Männern (n=11) und zu 26,7% aus Frauen (n=4). Die Distractionspatienten sind aufgeteilt in 40% Männer (n=4) und 60% Frauen (n=6). Anhand der Geschlechtsverteilung im Oberkiefer ist aus der Abbildung 33 zu entnehmen, dass die männlichen Patienten bei den Platten und die weiblichen Patienten bei den Distraktoren dominieren.

Bei den Unterkieferoperationen (Abb.34) sind die Männer (n=3) mit 37,5% und die Frauen (n=5) mit 62,5% bei den Dysgnathiespezialplatten vertreten. Distrahiert wurden 25% Männer (n=1) und 75% Frauen (n=4).

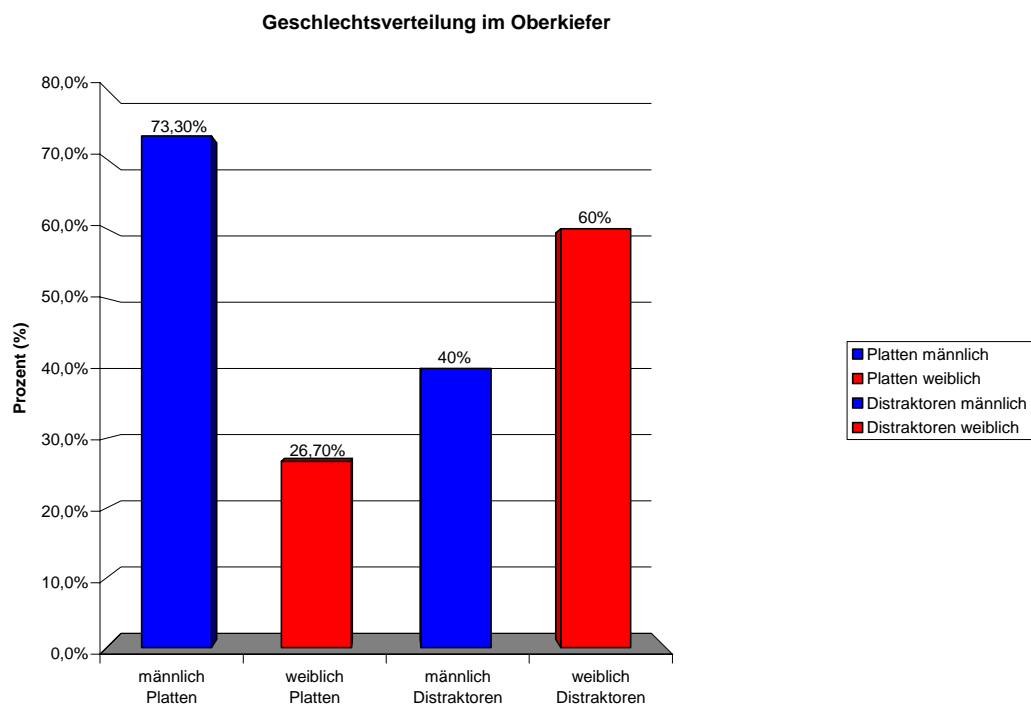


Abb.33

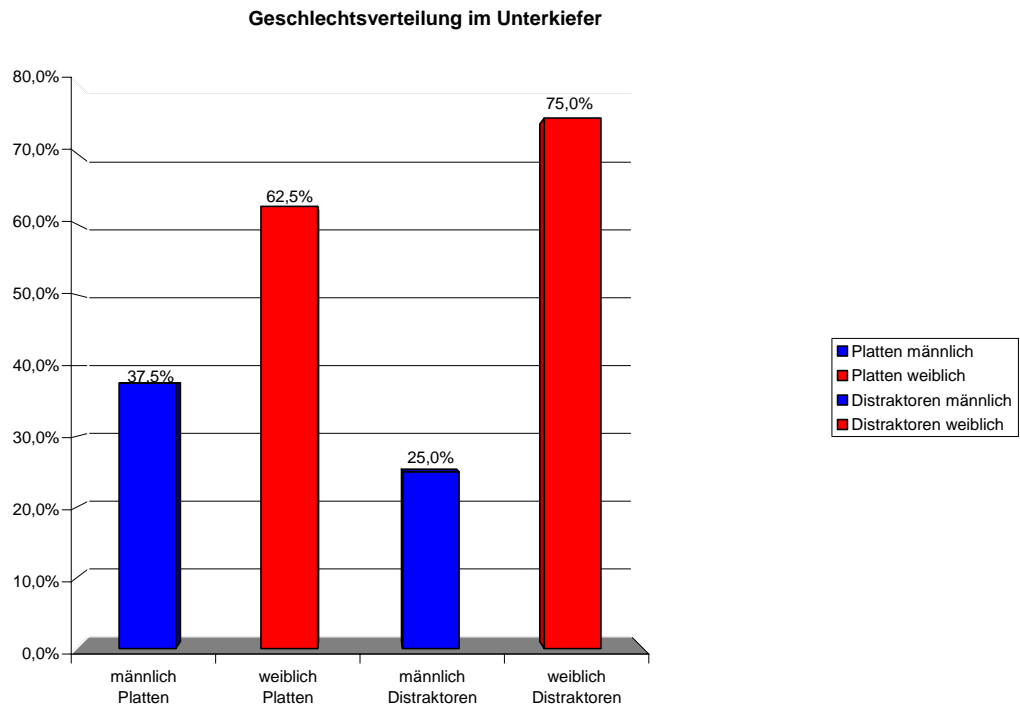


Abb.34

3.1.2 Alter zum Operationszeitpunkt

Das Durchschnittsalter der Patienten im Oberkiefer mit Plattenosteosynthese beträgt 25,8 Jahre (Minimum 17 Jahre, Maximum 41 Jahre) und bei den Distraktionspatienten 16,5 Jahre (Minimum 5 Jahre, Maximum 25 Jahre).

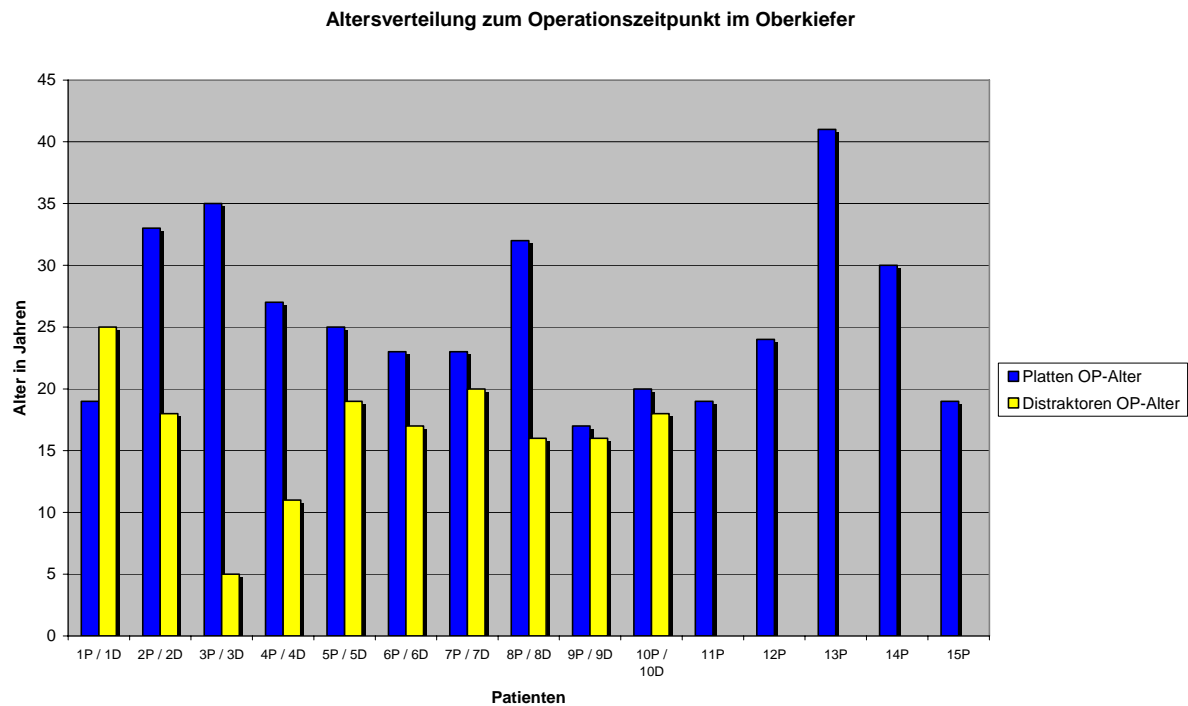


Abb.35

Es wird deutlich, dass zum Zeitpunkt der Operation die Patienten mit Oberkieferosteotomien und der Verwendung von Osteosynthesplatten das Wachstumsalter abgeschlossen hatten. Im Gegensatz zu den Distraktionspatienten, die wiederum die Wachstumsphase noch nicht beendet hatten (Abb.35).

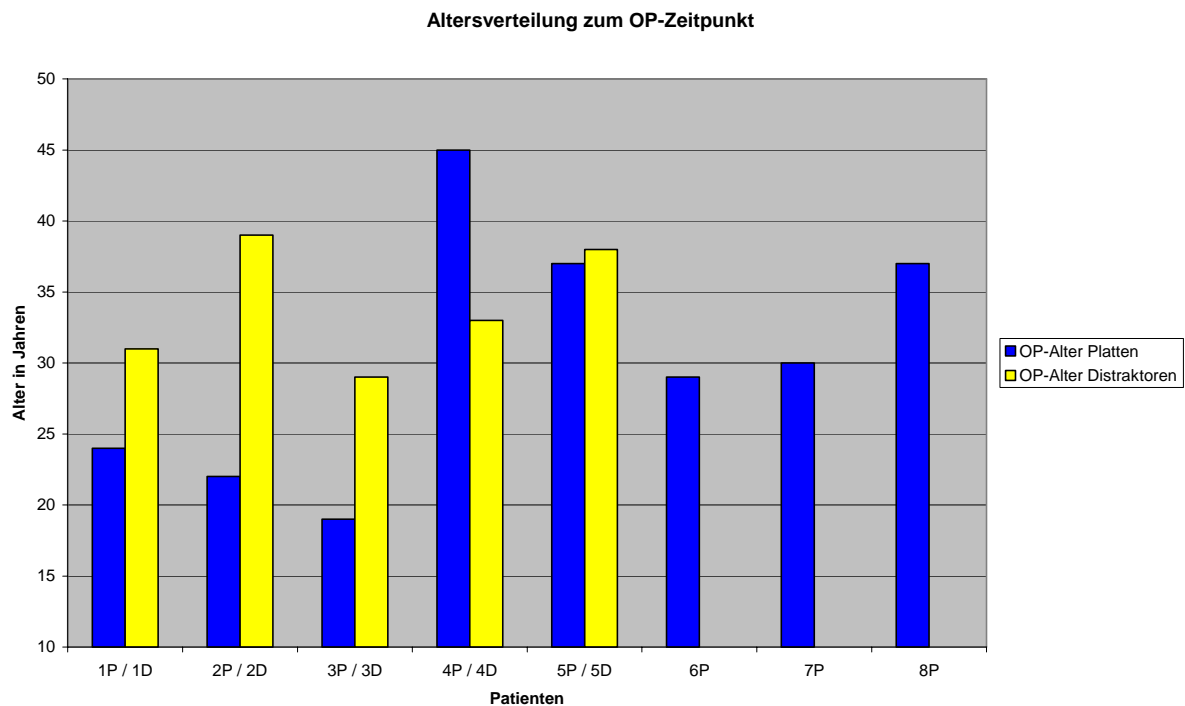


Abb.36

Die Patienten, die im Unterkiefer mit Osteosyntheseplatten evaluiert sind (Abb.36), haben ein Durchschnittsalter von 30,4 Jahren (Minimum 19 Jahre, Maximum 45 Jahre). Die Distraktionspatienten sind im Durchschnitt 34 Jahre alt (Minimum 29 Jahre, Maximum 39 Jahre). Demnach ist die Wachstumsphase bei beiden Gruppen abgeschlossen. Im Hinblick auf das Operationsalter hat das Kollektiv im Unterkiefer keinen wesentlichen Unterschied zu verzeichnen.

3.2 Fernröntgenanalyse

Zur Erläuterung sind die Ergebnisse der Fernröntgenseitenanalyse mit Abkürzungen gekennzeichnet:

mapos v.op. : Maxillaposition vor der Operation

mapos n.op. : Maxillaposition unmittelbar nach der Operation

mapos 2n.op. : Maxillaposition Monate/Jahre nach der Operation

rma v.op. : Relative Maxilläre Länge vor der Operation

rma n.op. : Relative Maxilläre Länge unmittelbar nach der Operation

rma 2n.op. : Relative Maxilläre Länge Monate/Jahre nach der Operation

fdep v.op. : Gesichtstiefe vor der Operation

fdep n.op. : Gesichtstiefe unmittelbar nach der Operation

fdep 2n.op. : Gesichtstiefe Monate/ Jahre nach der Operation

rm v.op. : Relative Mandibuläre Länge vor der Operation

rm n.op. : Relative Mandibuläre Länge unmittelbar nach der Operation

rm 2n. op. : Relative Mandibuläre Länge Monate/Jahre nach der Operation

w : weibliche Patienten

m : männliche Patienten

Des Weiteren sind die Patienten nummeriert angegeben, wie zum Beispiel: 1P, 2P, 3P...15P.

Die Abkürzung P steht hier für Patienten, die Platten

(Kraniofazialosteosynthesplatten/Dysgnathiespezialplatten) erhalten haben. Die

Nummerierung 1D, 2D, 3D...10D steht für Distraktionspatienten.

3.2.1 Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Oberkiefer bei den Kraniofazialosteosyntheseplatten

Die Tabelle (Abb.37, Abb.38) zeigt das Kollektiv mit Kraniofazialosteosyntheseplatten (n=15), mit genauen Angaben aus dem Fernröntgenseitenbild vom jeweiligem Patienten, die Maxillaposition (in Grad), die relative Maxilläre Länge (in mm); sowie die Vorverlagerungsstrecke und das eventuell daraus resultierende Rezidiv. Das Rezidiv bei der Maxillaposition liegt zwischen -3° und $1,8^{\circ}$. Bei der relativen Maxillären Länge kann man ein ähnliches Ergebnis sehen. Das Rezidiv liegt zwischen $-5,9\text{mm}$ und 1mm . Die Vorverlagerungsstrecke bei den Patienten 2P und 5P konnten nicht gemessen werden, da sie lückenhaft sind.

<u>OK-Platten</u>		Frs1	Frs2	Frsf	Frs2-Frs1	Frs2-Frsf
Patienten	Geschlecht	mapos v.op.	mapos n.op	mapos 2 n.op	Vorverl.(Grad)	Rezidiv
1P	m	52,2	58	56,2	5,8	1,8
2P	w	.	63,3	64,3		-1
3P	m	53,5	57,9	57,5	4,4	0,4
4P	w	60,4	61,7	61,7	1,3	0
5P	m	61,4	66,6	69,6	5,2	-3
6P	m	58,9	64,1	63,7	5,2	0,4
7P	m	62,7	63,9	63,9	1,2	0
8P	m	52	61,1	61,3	9,1	-0,2
9P	w	65	68	68	3	0
10P	m	60,2	64,3	64,3	4,1	0
11P	m	57,1	60	58,2	2,9	1,8
12P	m	66,5	70,5	69,2	4	1,3
13P	w	61,5	63,2	63,2	1,7	0
14P	m	58,1	62,3	62	4,2	0,3
15P	m	49,1	60,7	60,7	11,6	0

Abb.37 Daten der Maxillaposition

	Frs1	Frs2	Frsf	Frs2-Frs1	Frs2-Frsf
Patienten	rma v.op	rma n.op	rma 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)
1P	81,7	83,6	89,4	1,9	-5,8
2P	.	87,9	93,8		-5,9
3P	73,1	82,6	82,1	9,5	0,5
4P	87,9	90,4	89,8	2,5	0,6
5P	90,6	87,3	90,4		-3,1
6P	91	95,2	95,1	4,2	0,1
7P	91,2	95,9	95,8	4,7	0,1
8P	84,2	87,6	87,9	3,4	-0,3
9P	84,7	87,7	87,3	3	0,4
10P	91,4	100,2	100,2	8,8	0
11P	79,9	89,3	89,1	9,4	0,2
12P	88,3	91,4	90,4	3,1	1
13P	84,4	87,1	86,4	2,7	0,7
14P	83,5	91,5	91,1	8	0,4
15P	74,2	81,1	83,4	6,9	-2,3

Abb.38 Daten der relativen Maxillären Länge

Das Diagramm (Abb.39) zeigt auf einen Überblick den Verlauf der Maxillaposition des jeweiligen Patienten vor der Operation bis einige Monate/Jahre nach der Operation. Die Abbildung (Abb.40) gibt ebenfalls die Veränderung der relativen Maxillären Länge im untersuchten Zeitraum wieder.

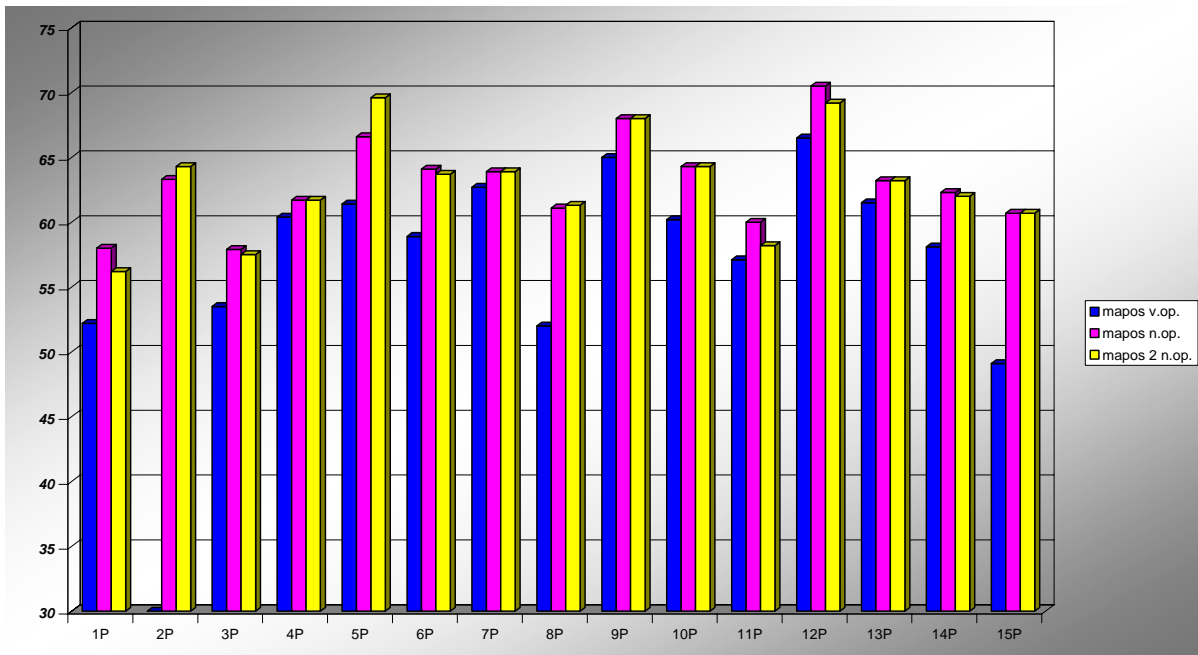


Abb.39 Daten der Maxillaposition-Platten

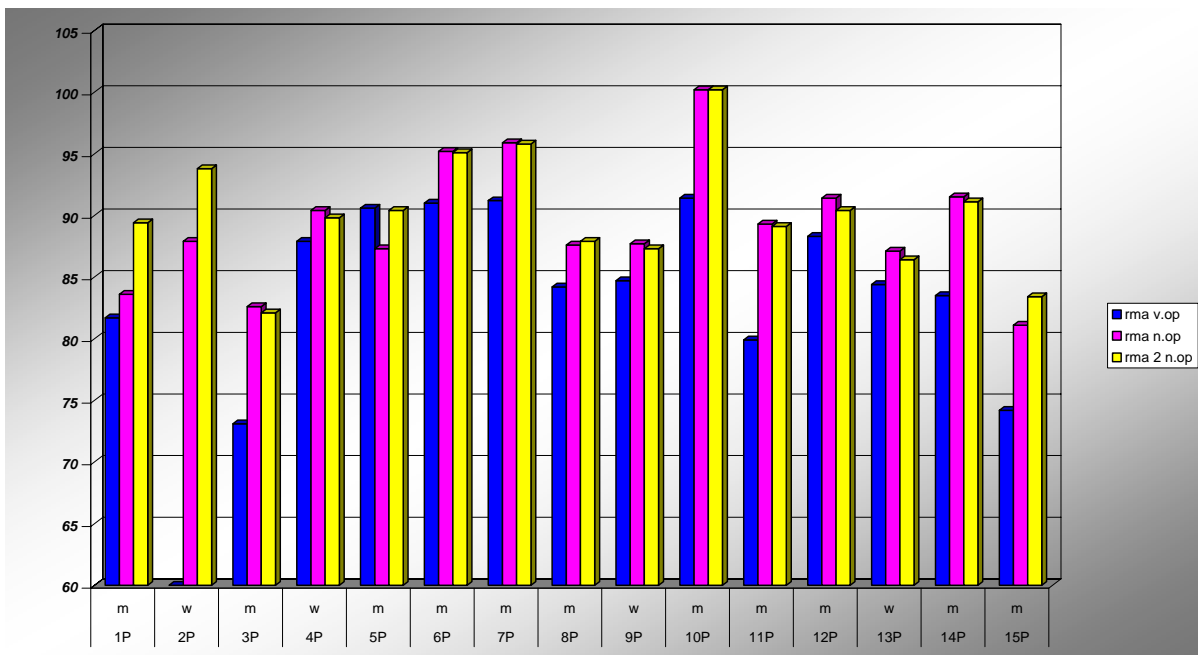


Abb.40 Daten der relativen Maxillären Länge-Platten

3.2.2 Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Oberkiefer bei den Distraktionspatienten

Diese Tabelle (Abb.41, Abb.42) zeigt die Patienten, die im Oberkiefer mit Distraktoren (n=10) versorgt sind, mit den entsprechenden Ergebnissen der Maxillaposition (in Grad) und der relativen Maxillären Länge (in mm) mit der dazugehörigen Vorverlagerungsstrecke, sowie dem Rezidiv. Die Maxillaposition zeigt Rezidiv-Werte zwischen $-1,3^{\circ}$ und $3,2^{\circ}$ und bei der relativen Maxillären Länge Werte zwischen $-1,7\text{mm}$ und 3mm . Bei den Patienten 5D und 7D kann das Rezidiv aufgrund von lückenhaften Daten nicht ausgewertet werden.

<u>Ok-Distraktor</u>		Frs1	Frs3	Frsf	Frs3-Frs1	Frs3-Frsf
Patienten	Geschlecht	mapos v.op.	mapos.n.op	mapos 2 n.op	Vorverl.(Grad)	Rezidiv(Grad)
1D	m	58,8	65,1	63,4	6,3	1,7
2D	m	50	58,1	54,9	8,1	3,2
3D	m	39,7	44,5	44,2	4,8	0,3
4D	w	45,6	49,5	50,8	3,9	-1,3
5D	m	48,3		53		
6D	w	55,6	60,7	60,6	5,1	0,1
7D	w	49,3		52,5		
8D	w	54,1	56,1	55,2	2	0,9
9D	w	56,4	64,9	64	8,5	0,9
10D	w	48,4	58,9	58,9	10,5	0

Abb.41 Daten der Maxillaposition

Patienten	rma v.op	rma n.op	rma 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)
1D	79,4	88,3	87,3	8,9	1
2D	72,3	80,7	77,7	8,7	3
3D	52,9	57,7	56,3	4,8	1,4
4D	62,6	68,3	67,6	5,7	0,7
5D	73,3	.	78,1		
6D	75	83	82,1	8	0,9
7D	64,8	.	66,3		
8D	73,5	82	79,9	8,5	2,1
9D	76,4	86,5	85,8	10,4	0,7
10D	60	72	73,7	12	-1,7

Abb.42 Daten der relativen Maxillären Länge

In dem darauf folgendem Diagramm (Abb.43, Abb.44) werden die Veränderungen der Maxillaposition und der relativen Maxillären Länge bei den Distractionspatienten dargestellt.

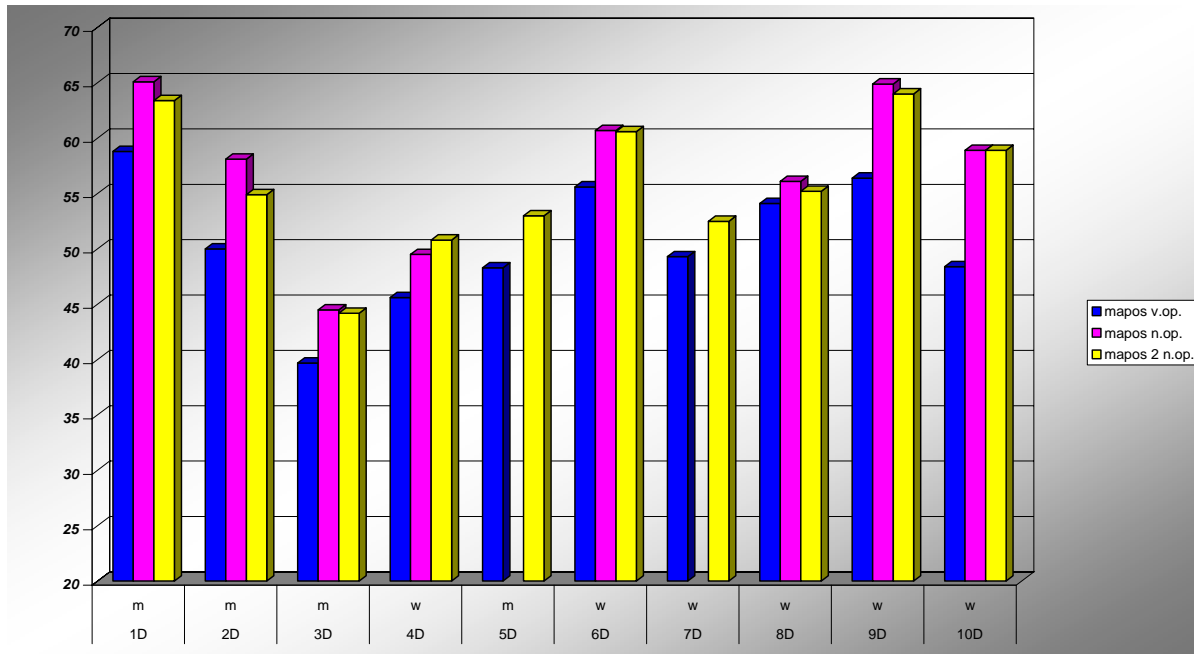


Abb.43 Daten der Maxillaposition-Distraktoren

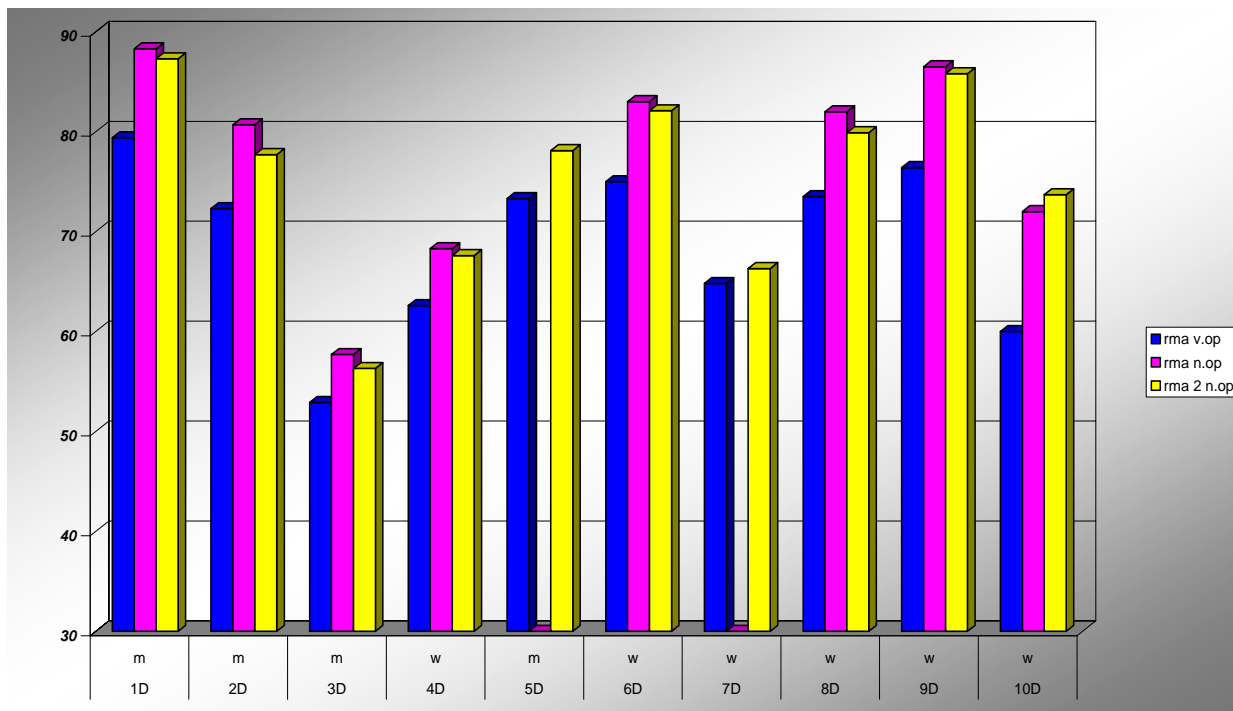


Abb.44 Daten der relativen Maxillären Länge-Distraktoren

3.2.3 Einteilung der Kraniofazialosteosyntheseplatten nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke

In Abbildung 45 ist die relative Maxilläre Länge in die Vorverlagerungsstrecke <5mm und in Abbildung 46 >5mm unterteilt. Nur so ist festzustellen, ob ein mögliches Rezidiv mit der Größe einer sagittalen Vorverlagerung zusammenhängt.

Vorverlagerung							
< 5mm							
Patienten	Geschlecht	rma v.op	rma n.op	rma 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)	Zeitraum(Jahr/Monat)
1P	m	81,7	83,6	89,4	1,9	-5,8	2,8
2P	w	.	87,9	93,8		-5,9	0,6
4P	w	87,9	90,4	89,8	2,5	0,6	0,8
5P	m	90,6	87,3	90,4		-3,1	2
6P	m	91	95,2	95,1	4,2	0,1	1
7P	m	91,2	95,9	95,8	4,7	0,1	0,6
8P	m	84,2	87,6	87,9	3,4	-0,3	0,9
9P	w	84,7	87,7	87,3	3	0,4	0,8
12P	m	88,3	91,4	90,4	3,1	1	0,7
13P	w	84,4	87,1	86,4	2,7	0,7	0,7
Durchschnitt	m	87,1	89,4	90,4	3,2	-1,2	1,1
						-37,5%	

Abb.45

Vorverlagerung							
> 5mm							
Patienten	Geschlecht	rma v.op	rma n.op	rma 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)	Zeitraum(Jahr/Monat)
3P	m	73,1	82,6	82,1	9,5	0,5	0,7
10P	m	91,4	100,2	100,2	8,8	0	1,7
11P	m	79,9	89,3	89,1	9,4	0,2	2,6
14P	m	83,5	91,5	91,1	8	0,4	0,7
15P	m	74,2	81,1	83,4	6,9	-2,3	0,9
Durchschnitt	m	80,4	88,9	89,2	8,5	-0,2	1,3
						-2,4%	

Abb.46

Das Ergebnis bei den Patienten mit Kraniofazialosteosyntheseplatten zeigt, dass bei einer durchschnittlichen Vorverlagerungsstrecke von 3,2mm in einem Zeitraum von einem Jahr und einem Monat ein Rezidiv von -37,5% (Abb.45) entsteht. Bei einer durchschnittlichen Vorverlagerungsstrecke von 8,5mm im selben Zeitraum von einem Jahr und 3 Monaten ergibt sich ein Rezidiv von -2,4% (Abb.46). Daraus resultiert, dass bei den Kraniofazialosteosyntheseplatten im Durchschnitt gesehen ein nennenswertes Rezidiv ausbleibt.

3.2.4 Einteilung der Distraktoren nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke

Die Distraktionspatienten sind ebenfalls nach deren Vorverlagerungsstrecken unterteilt (<5mm und >5mm). Auch hier ist das Rezidiv mit Hilfe der relativen Maxillären Länge verifiziert, indem die Fernröntgenseitenbilder einige Monate/Jahre nach der Operation und das Bild nach der Distraction ausgewertet und miteinander verglichen wurde. Das Ergebnis stellt sich wie folgt dar: In einem Zeitraum von einem Jahr und 9 Monaten zeigte sich bei einer Vorverlagerungsstrecke von 5,3mm (Abb.47) im Durchschnitt ein Rezidiv von 20,8% (1,1 mm).

In Abbildung 48 wird die Vorverlagerungsstrecke >5mm tabellarisch angegeben. Daraus ist ersichtlich, dass bei einer Vorverlagerung von 9,4mm in einem Zeitraum von 3 Jahren ein durchschnittliches Rezidiv von 21,3% (2mm) entstehen kann.

Vorverlagerung							
< 5mm							
Patienten	Geschlecht	rma v.op	rma n.op	rma 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)	Zeitraum(Jahr/Monat)
3D	m	52,9	57,7	56,3	4,8	1,4	2,7
4D	w	62,6	68,3	67,6	5,7	0,7	0,11
5D	m	73,3	.	78,1			4,6
7D	w	64,8	.	66,3			0,11
<u>Durchschnitt</u>	m	63,4	63	67,1	5,3	1,1	1,9
						20,8%	

Abb.47

Vorverlagerung							
> 5mm							
Patienten	Geschlecht	rma v.op	rma n.op	rma 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)	Zeitraum(Jahr/Monat)
1D	m	79,4	88,3	87,3	8,9	1	4,9
2D	m	72,3	80,7	77,7	8,7	3	3,7
6D	w	75	83	82,1	8	0,9	0,7
8D	w	73,5	82	79,9	8,5	2,1	1,7
9D	w	76,4	86,5	85,8	10,4	0,7	2,3
10D	w	60	72	73,7	12	-1,7	4,6
Durchschnitt	w	72,8	82,1	81,1	9,4	2	3
						21,3%	

Abb.48

3.2.5 Rezidiv im Vergleich zur Vorverlagerungsstrecke Oberkiefer Platten/Distraktoren

Aus der Abbildung 49 ist die vorhandene Vorverlagerungsstrecke <5mm und das dazugehörige Rezidiv mit dem Durchschnittswert des jeweiligen Osteosynthesematerials (Kraniofazialosteosyntheseplatten/Distraktoren) gegenübergestellt. Das Kollektiv, das distrahiert ist, hat im Durchschnitt eine größere Vorverlagerungsstrecke (5,3mm) zu überwinden als das Kollektiv mit den Platten (3,2mm).

Bei den Kraniofazialosteosyntheseplatten bleibt ein nennenswertes Rezidiv aus. Außerdem kommt hinzu, dass die Patienten einige Monate/Jahre nach der Operation noch an sagittaler Vorverlagerung dazu gewonnen haben (-1,2mm). Dies wird aus dem Diagramm 49 ersichtlich. Dieser Gewinn wird in dieser Arbeit noch einmal aufgefasst und verifiziert.

Die Abbildung 50 zeigt dieselbe Thematik, nur für die Vorverlagerungsstrecke >5mm. Die Distraktionspatienten haben auch hier im Verhältnis zu den Plattenpatienten im Oberkiefer eine weit größere Vorverlagerungsstrecke (Durchschnitt 9,4mm) zurückgelegt. Trotz der gewonnenen Vorverlagerungsstrecke kann gegenüber den Osteosyntheseplatten im Durchschnitt betrachtet ein Rezidiv (2mm) verzeichnet werden. Weiter kommt hinzu, dass die Distraktoren im Oberkiefer überwiegend bei Syndrompatienten (n=9) verwendet worden sind und somit eine andere Ausgangssituation haben, als die Nichtsyndrompatienten bei den Osteosyntheseplatten.

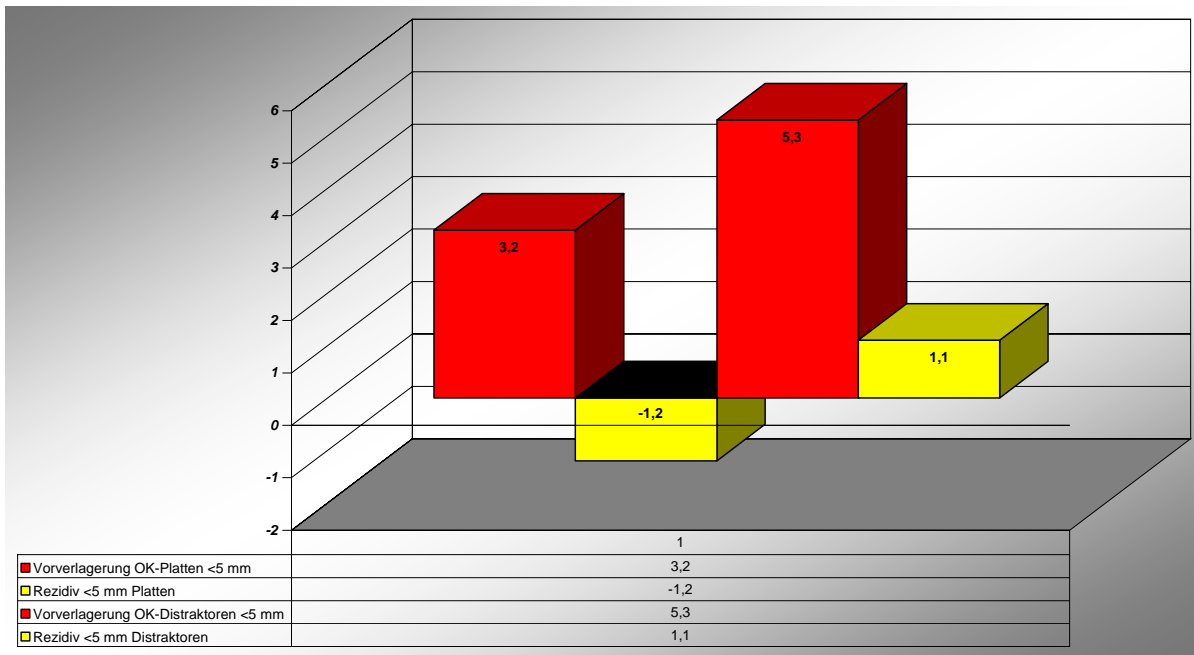


Abb.49 Vorverlagerung <5mm

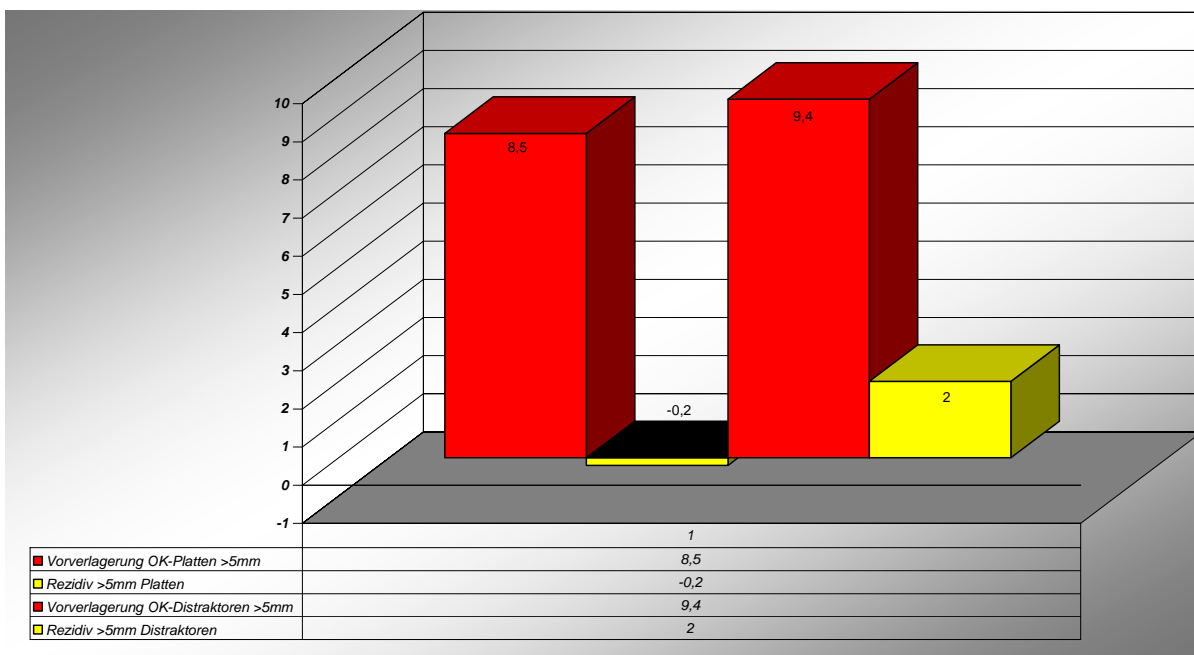


Abb.50 Vorverlagerung >5mm

3.2.6 Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Unterkiefer bei den Osteosyntheseplatten

Damit die sagittale Vorverlagerung im Unterkiefer bei den Osteosyntheseplatten (n=8) genauer verifiziert werden kann, sind die Ergebnisse der Gesichtstiefe (fdep.v.op, fdep.n.op, fdep 2 n.op), die Vorverlagerung in Grad und ein eventuelles Rezidiv (in Grad) in der Abbildung 51, aufgegliedert. Die Gesichtstiefe zeigt ein Rezidivmaximum von 0,6° und ein Rezidivminimum von 0,1°.

UK-Platten		Frs1	Frs2	Frsf	Frs2-Frs1	Frs2-Frsf
Patienten	Geschlecht	fdep v.op.	fdep n.op	fdep 2 n.op	Vorverl.(Grad)	Rezidiv
1P	w	78,6	83,7	83,1	5,1	0,6
2P	w	92,3	92,9	92,9	0	0
3P	w	86,3	87,6	87,5	1,3	0,1
4P	w	89,9	90,7	90,4	0,8	0,3
5P	m	82,4	85,6	85,5	3,2	0,1
6P	m	88	88,6	88,5	0,6	0,1
7P	m	80,3	81,9	81,7	1,3	0,2
8P	w	79	81,9	81,8	2,9	0,1

Abb.51 Daten der Gesichtstiefe

Es folgt eine Auflistung in Abbildung 52 über den Datensatz der relativen Mandibulären Längen (rm.v.op, rm.n.op, rm 2 n.op) des jeweiligen Patienten mit Osteosyntheseplatten. Das Rezidiv zeigt sich ähnlich wie bei der Gesichtstiefe. So ist beispielsweise bei dem Patienten 7P ein Rezidiv von 0,2mm bei der mandibulären Länge und bei der Gesichtstiefe ein Rezidiv von 0,2° festgestellt worden.

Dieses Ergebnis spiegelt sich wider in der Abbildung 52, in dem ein Rezidivmaximum von 1,2mm und ein Rezidivminimum von 0,1mm vorliegen.

	Frs1	Frs2	Frsf	Frs2-Frs1	Frs2-Frsf
Patienten	rm v.op	rm n.op	rm 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)
1P	105,8	110,3	109,3	4,5	1
2P	118,9	124,4	123,9	5,5	0,5
3P	105,2	111	111,1	5,8	-0,1
4P	111,5	116,7	116,6	5,2	0,1
5P	108,3	119,9	118,1	11,6	1,8
6P	118,1	123,4	122,5	5,3	0,9
7P	106,8	113,5	113,3	6,7	0,2
8P	105,2	117,4	116,2	12	1,2

Abb.52 Daten der relativen Mandibulären Länge

Aus dem Säulendiagramm werden die gewonnenen Daten aus dem Fernröntgenseitenbild vor der Operation, direkt nach der Operation und einige Monate/Jahre nach der Operation auf einem Überblick ersichtlich, sowie die Gesichtstiefe (Abb.53) und die relative Mandibuläre Länge (Abb.54) des einzelnen Patienten (1P-8P).

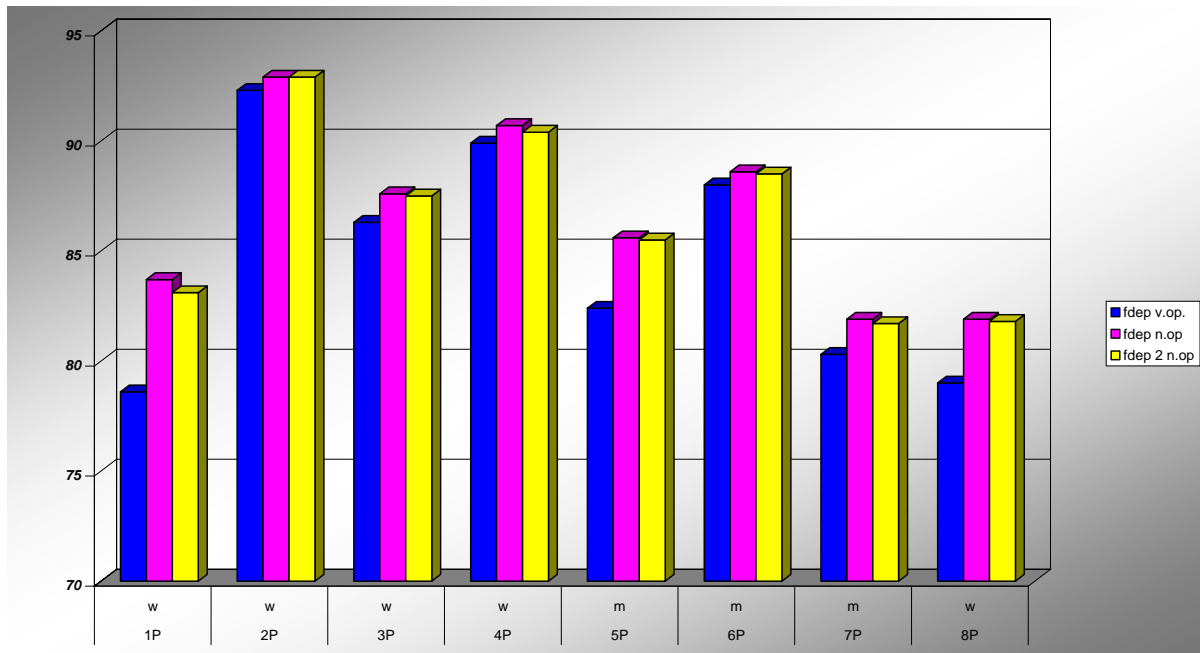


Abb.53 Daten der Gesichtstiefe-Platten

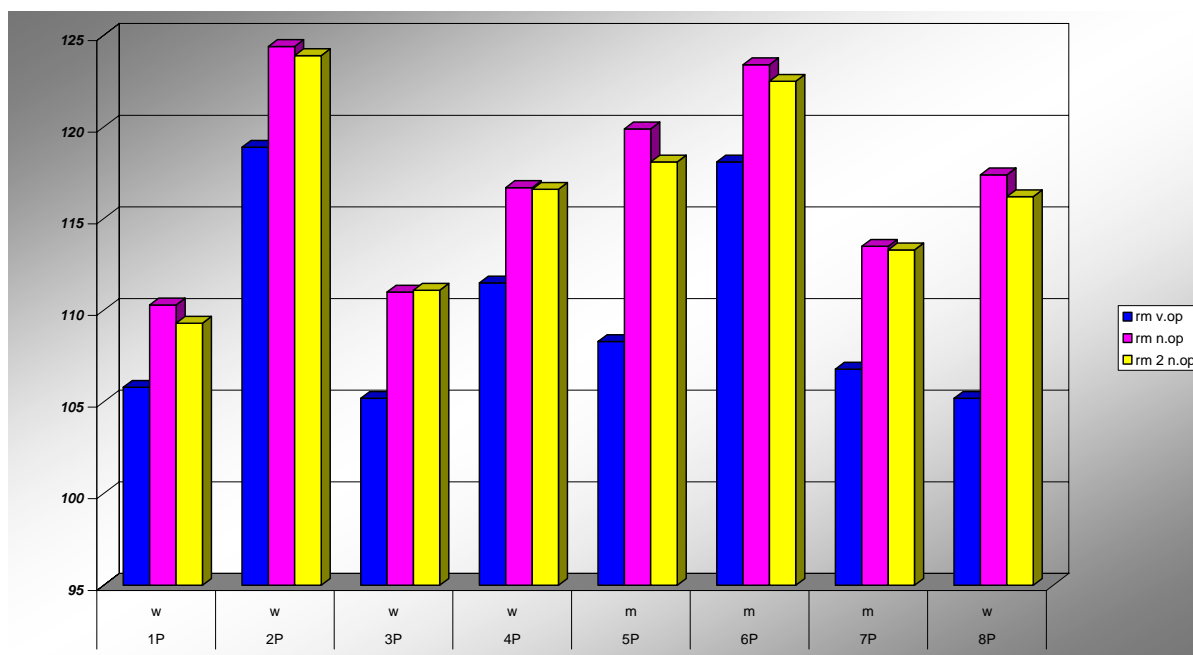


Abb.54 Daten der relativen Mandibulären-Länge-Platten

3.2.7 Ergebnisse der Fernröntgenanalyse im Unterkiefer bei den Distractionspatienten

Die Daten der Distractionsosteogenese sind in Abbildung 55, 56 aufgeführt. Dabei ist festgestellt worden, dass das Kollektiv (n=5) kein Rezidiv in der Gesichtstiefe (Abb.55) zu verzeichnen hat. Die relative Mandibuläre Länge (Abb.56) zeigt ein Rezidivmaximum von 0,9mm und ein Rezidivminimum von 0,1mm.

Die Patienten 4D und 5D können nicht genauer evaluiert werden aufgrund nicht aussagekräftiger Datenquellen.

Uk-Distraktoren						
Patienten	Geschlecht	fdep v.op.	fdep n.op	fdep 2 n.op	Vorverl.(Grad)	Rezidiv
1D	m	83,9	89,3	89,3	5,4	0
2D	w	75,4	78,5	78,5	3,1	0
3D	w	76,7	79,6	79,6	2,9	0
4D	w	81,1	81,1		0	
5D	w	83,3		84,6		

Abb.55 Daten der Gesichtstiefe

	Frs2	Frs3	Frsf	Frs3-Fr2	Frs3-Frsf
Patienten	rm v.op	rm n.op	rm 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)
1D	115,0	126,6	126,0	11,6	0,6
2D	104,4	120,6	119,7	16,2	0,9
3D	96,1	111,5	111,4	15,4	0,1
4D	125,6	132,4		6,8	
5D	114,0		122,4		

Abb.56 Daten der relativen mandibulären Länge

Das Diagramm (Abb.57) zeigt den Verlauf der Gesichtstiefe (1D-5D) vor der Operation bis einige Monate/Jahre nach der Distraction (fdep.v.op, fdep.n.op, fdep2 n.op). Die Abbildung 58 spiegelt die Veränderung der relativen Mandibulären Länge im selben Zeitraum wider wie die Gesichtstiefe.

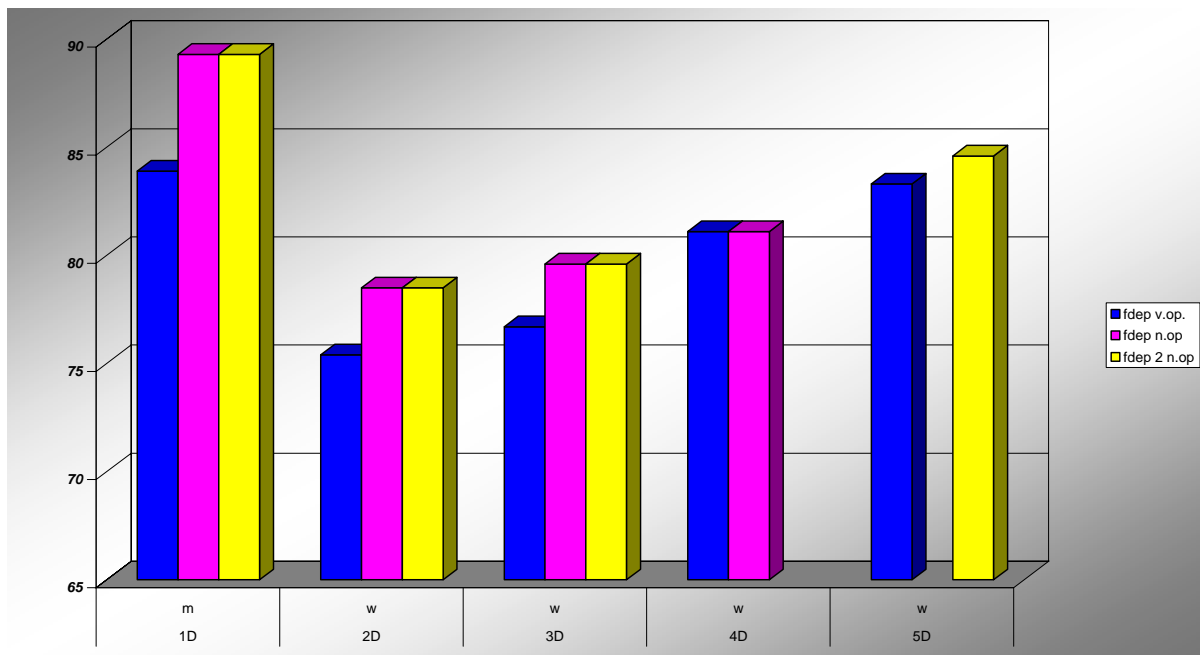


Abb.57 Daten der Gesichtstiefe-Distraktoren

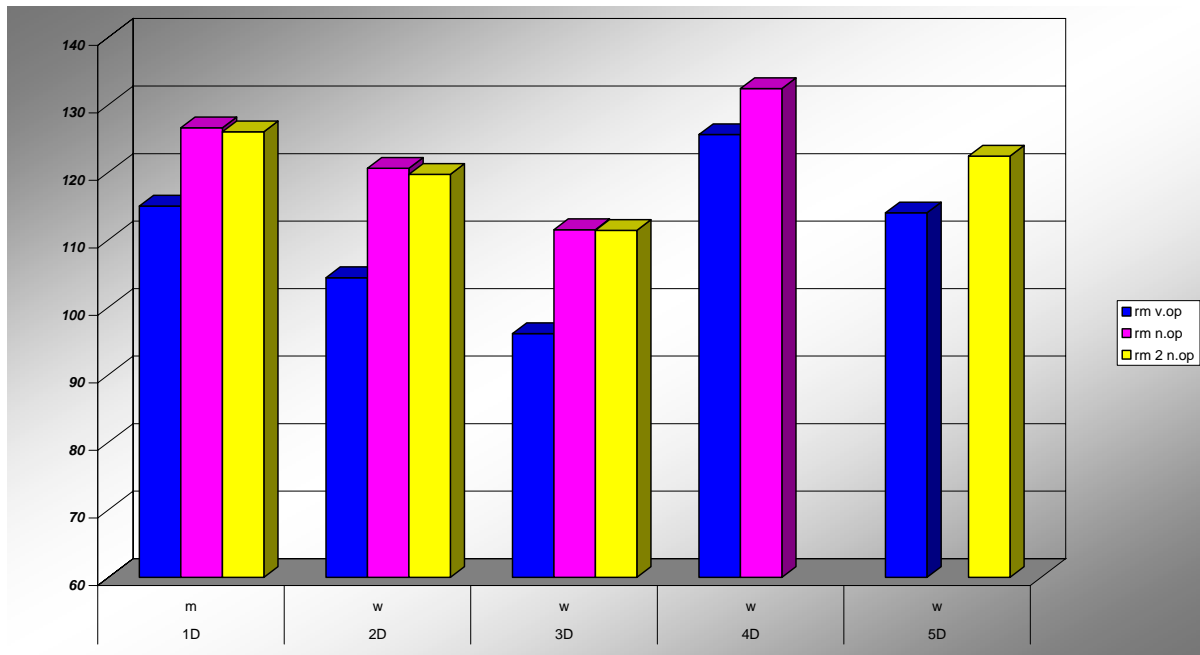


Abb.58 Daten der relativen Mandibulären Länge

3.2.8 Einteilung der Osteosyntheseplatten im Unterkiefer nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke

Vorverlagerung							
< 5 mm							
Patienten	Geschlecht	rm v.op	rm n.op	rm 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)	Zeitraum(Jahr/Monat)
1P	w	105,8	110,3	109,3	4,5	1	0,7
2P	w	118,9	124,4	123,9	5,5	0,5	0,6
4P	w	111,5	116,7	116,6	5,2	0,1	0,7
6P	m	118,1	123,4	122,5	5,3	0,9	0,11
Durchschnitt:		111,9	117,2	116,6	5,3	0,5	0,8
						9,4%	

Abb.59

Vorverlagerung							
>5mm							
Patienten	Geschlecht	rm v.op	rm n.op	rm 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)	Zeitraum(Jahr/Monat)
3P	w	105,2	111	111,1	5,8	-0,1	0,9
5P	m	108,3	119,9	118,1	11,6	1,8	0,6
7P	m	106,8	113,5	113,3	6,7	0,2	0,11
8P	w	105,2	117,4	116,2	12	1,2	0,11
Durchschnitt:							
		106,4	115,5	114,7	9	0,8	0,9
						8,9%	

Abb.60

Die Unterteilung in die Vorverlagerungsstrecken zeigt, dass bei einer Vorverlagerung von 5,3mm in einem Zeitraum von 8 Monaten ein Rezidiv im Durchschnitt bei 0,5mm liegt. Das macht prozentual gesehen 9,4% (Abb.59).

Die durchschnittliche Vorverlagerung von 9mm (Abb.60) und die anschließende Fixierung mit den Osteosyntheseplatten zeigt in dieser Studie ein Rezidiv von 0,8mm oder von 8,9% in einem Zeitraum von durchschnittlich 9 Monaten.

3.2.9 Einteilung der Distraktoren im Unterkiefer nach der Länge der Vorverlagerungsstrecke

Das Unterkieferkollektiv bei der Distraktionsosteogenese (n=5) ist >5mm distrahiert worden. Hier findet keine Einteilung in den jeweiligen Vorverlagerungsstrecken statt (Abb.61). Die sagittalen Vorverlagerungsstrecken haben ein Minimum von 6,8mm und ein Maximum von 16,2mm. Daraus folgt im Durchschnitt, ein Rezidiv von 4% (0,5mm) im untersuchten Zeitraum von 8 Monaten.

Vorverlagerung							
> 5 mm							
Patienten	Geschlecht	rm v.op	rm n.op	rm 2 n.op	Vorverl.(mm)	Rezidiv(mm)	Zeitraum(Jahr/Monat)
1D	m	115	126,6	126	11,6	0,6	0,11
2D	w	104,4	120,6	119,7	16,2	0,9	0,6
3D	w	96,1	111,5	111,4	15,4	0,1	0,6
4D	w	125,6	132,4		6,8		
5D	w	114		122,4			
Durchschnitt	w	88,2	122,8	89,3	12,5	0,5	0,8
						4%	

Abb.61

3.2.10 Rezidiv im Vergleich zur Vorverlagerungsstrecke Unterkiefer Platten/Distraktoren

Die Distraktionsosteogenese zeigt ein Rezidiv von 4% bei einer durchschnittlichen Vorverlagerung von 12,5mm im Verhältnis zu den Osteosyntheseplatten (9mm) mit einem Rezidiv von 8,9%.

Bei dieser Darstellung wird ersichtlich, dass die Distraktoren bei größeren Vorverlagerungsstrecken im Unterkiefer verwendet worden sind. Die Abbildung 62 stellt die Vorverlagerungsstrecken und die Rezidive der einzelnen Osteosynthesematerialien nochmals gegenüber.

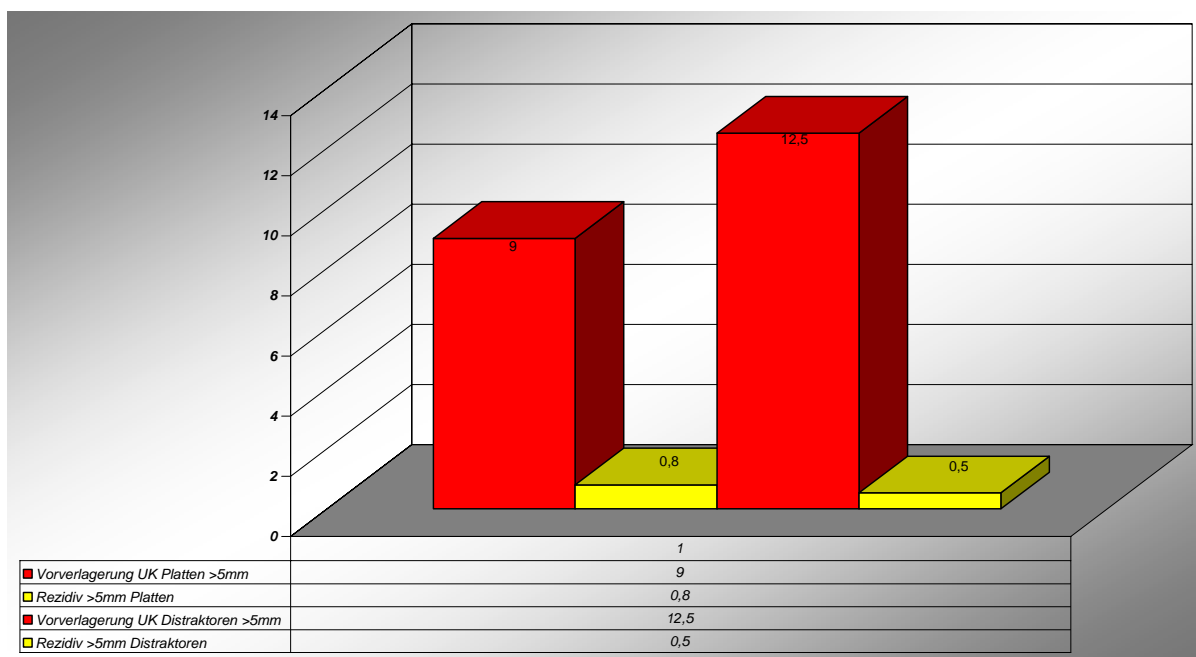


Abb.62 Vorverlagerung >5mm

3.2.11 Fazit der Rezidivhäufigkeit der Osteosyntheseplatten v.s. Distraktoren

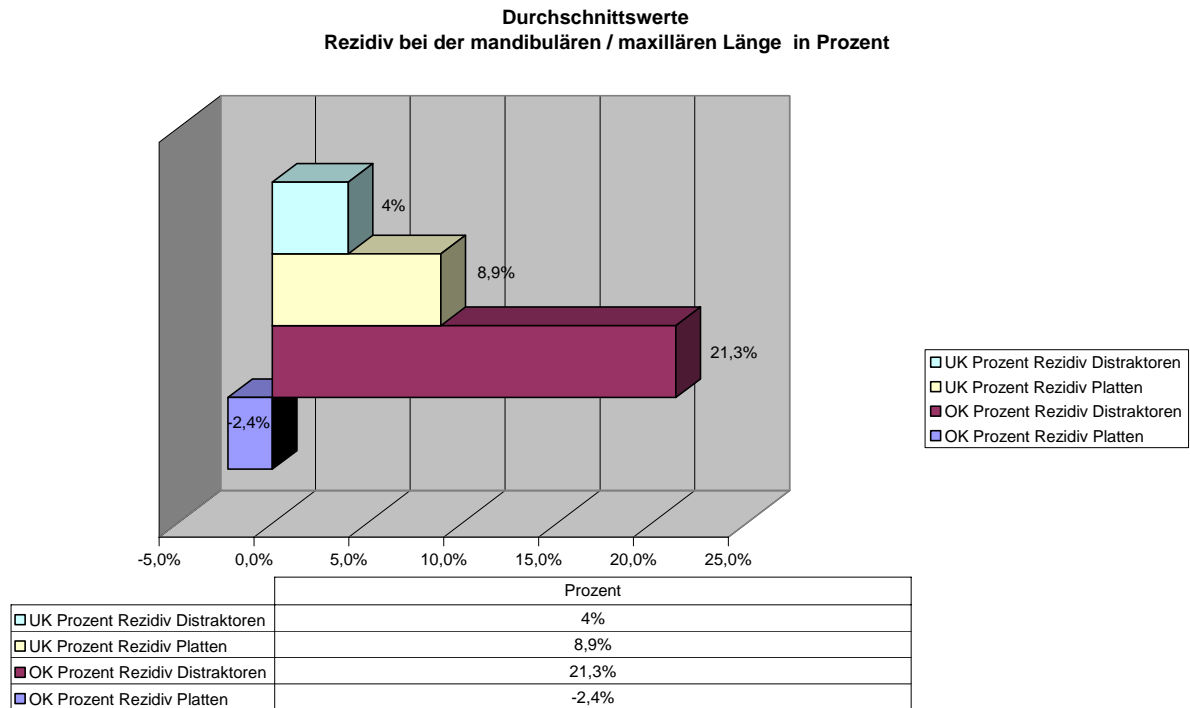


Abb.63

Bei der Darstellung der Ergebnisse soll im Rahmen dieser Arbeit lediglich auf das Rezidivverhalten der Kiefer nach der Dysgnathiechirurgie und der Distraktionsosteogenese, sowie die Beeinträchtigung im Oberkiefer auf das Ergebnis bei Fehlbildungspatienten eingegangen werden.

Hinsichtlich des Rezidivverhaltens bei einer Vorverlagerungsstrecke >5mm sind die Ergebnisse, die aus der Abbildung 63 zu entnehmen sind, unter 22%. Ein Rezidivminimum von 4% bei den Distraktionspatienten und 8,9% bei den Osteosyntheseplatten ist jeweils im Unterkiefer zu verzeichnen.

Im Oberkiefer ist ein Rezidivmaximum von 21,3% bei der Distraktionsosteogenese erreicht worden. Eine zusätzliche Gewinnung an Ossifikation wurde sogar postoperativ im Oberkiefer bei der Plattenosteosynthese (-2,4%) festgestellt.

Bei den Fehlbildungspatienten, die überwiegend im Oberkiefer operiert und mit Distraktoren behandelt sind, wird das größte Rezidiv von 21,3% festgestellt.

Trotz der Fehlbildungen im Oberkiefer zeigt der Distraktor gute Ergebnisse, da dieser bei größeren Vorverlagerungsstrecken zum Einsatz gekommen ist und die Patienten die Wachstumsphase noch nicht abgeschlossen hatten.

3.3 Klinische Untersuchungen

3.3.1 Klinische Untersuchungen im Oberkiefer

Hier findet eine katamnestiche Auswertung der Krankenblätter, des Kollektivs mit Plattenosteosynthese (n=15) und Distractionsosteogenese (n=10) statt.

Plattenosteosynthese:

- Die Familienanamnese stellt sich wie folgt dar: zwei Patienten (3P, 4P) weisen eine ähnliche Dysgnathie im Elternhaus auf (Retrognathie im Oberkiefer, Retrognathie im Unterkiefer). Syndrompatienten sind in diesem Kollektiv nicht vorhanden.
- Die kieferorthopädischen Vorbehandlungen liegen zwischen einem und 9 Jahren zurück. Bei den Patienten 8P und 9P sind die Angaben nicht bekannt.
- An Komplikationen traten Hypästhesien (3P, 6P, 12P, 15P) und starke Blutungen (11P) auf. Zu den Hämoglobinwerten sind kaum Auffälligkeiten festgestellt. Bis auf zwei Patienten (8P, 11P) haben alle postoperativ einen niedrigeren Wert (vor Op.: 9g/l, nach Op.: 8g/l).
- Die Operationsdauer liegt im Durchschnitt bei 205 min und die stationäre Verweildauer zwischen 9 und 14 Tagen. Im Anschluss folgt eine starre intermaxilläre Verschnürung, die später elastisch wurde (n=11). Eine intermaxilläre Verschnürung nur über Gummis, haben postoperativ 2 Patienten erhalten. Eine Delaire Maske bekommt 1 Patient (3P). Keine Verschnürung ist bei einem postoperativen Patienten evaluiert. Das gesamte Kollektiv hat eine Abschirmung mit Antibiotika erhalten.
- Zwei Patienten (4P, 14P) unterziehen sich logopädischen Therapien.
- Zu den weiteren Therapien gehören Genioplastiken (2P, 6P, 9P), prothetische Versorgungen und kieferorthopädische Weiterbehandlungen.

Distraktionsosteogenese:

- Aus der Familienanamnese wird ersichtlich, dass jeweils ein Elternteil eine Lippen-Kiefer-Gaumenspalte (LKG) bei den Patienten 1D und 5D aufweist. Das Syndrom Morbus Crouzon ist bei der Mutter der Patientin 10D ebenfalls vorhanden.
- Syndrompatienten sind in diesem Kollektiv vertreten, genaue Angaben zeigt diese Tabelle:

Patienten	Syndrom
7D	--
1D,2D,5D,6D,8D,9D	LKG
3D,10D	Morbus Crouzon
4D	Apert Syndrom

- Die kieferorthopädische Vorbehandlung liegt zwischen 3 und 11 Jahren. Bei den Patienten 3D, 4D sind keine Angaben bekannt.
- Zu den Operationskomplikationen gehören neben der Fraktur des Distraktors (2D, 4D), starke Blutungen (3D), sowie eine akute pulmonale Insuffizienz (10D). Die Hämoglobinwerte sind bei 4D (vor Op.: 9,2 g/dl, nach Op.: 8,6 g/dl) und 10D (vor Op.: 13,3 g/dl, nach Op.: 7,5 g/dl) auffällig.
- Die Operationsdauer liegt im Durchschnitt bei 230 min. Dieses Kollektiv hat eine stationäre Verweildauer zwischen 11 und 15 Tagen.
- Der Beginn der Distraktion ist unterschiedlich: sie liegt zwischen den 1. und 6. Tag postoperativ. Am Anfang ist der Distraktor vom Arzt und anschließend von den Eltern oder vom Patienten selber aktiviert worden.
- Der Distraktor hat eine Aktivierungsdauer von 4 bis 15 Tagen, jeder Patient hat zudem eine antibiotische Abschirmung erhalten.
- Nach der Entfernung des Distraktors ist bei zwei Patienten (1D, 9D) der Osteotomiespalt noch nicht verknöchert.

- Im Anschluss der Distraction folgt eine kieferorthopädische Behandlung, beispielsweise durch Bracketts mit Führungsgummis (1D, 6D, 7D) oder eine intermaxilläre Verschnürung (2D, 8D, 9D). Bei einem Patienten (9D) ist der Oberkiefer erneut mit Plattenosteosynthesematerial fixiert.
- Die Delaire-Maske gehört ebenfalls zu den Folgetherapien von drei Patienten (3D, 4D, 5D). Einer logopädischen Behandlung unterziehen sich drei Patienten (3D, 6D, 8D).

3.3.2 Klinische Untersuchungen im Unterkiefer

Die klinische Auswertung über das Kollektiv Plattenosteosynthese (n=8), Distractionosteogenese (n=5) im Unterkiefer spiegelt sich hier detailliert wider.

Plattenosteosynthese:

- Die Familienanamnese stellt sich bei diesem Kollektiv unauffällig dar.
- Das Kollektiv ist zwischen 1 und 4 Jahren kieferorthopädisch vorbehandelt. An Komplikation treten bei dem Patienten 5P eine Hypästhesie auf, beim restlichen Kollektiv sind keine Auffälligkeiten bekannt.
- Die durchschnittliche Operationsdauer beträgt 166 min und die stationäre Verweildauer liegt zwischen 9 und 13 Tagen. Das Kollektiv hat postoperativ eine Antibiose erhalten. Im Anschluss folgt eine starre intermaxilläre Verschnürung, die später elastisch wurde. Nur der Patient 5P hat direkt postoperativ eine intermaxilläre Verschnürung über Gummis erhalten.
- Das Kollektiv hat keine logopädische Therapie erhalten, zu den Folgetherapien zählen lediglich kieferorthopädische Weiterbehandlungen (3P, 6P, 7P) und prothetische Versorgungen (1P).

Distraktionsosteogenese:

- Auch bei diesem Kollektiv sind keine Auffälligkeiten bei der Familienanamnese ersichtlich.
- Die kieferorthopädische Vorbehandlung liegt zwischen 1 bis 6 Jahren.
- Es sind keine Komplikationen zur Operation bekannt und die Hämoglobinwerte sind stabil gewesen.
- Die durchschnittliche Operationszeit liegt bei 219 min und der stationäre Aufenthalt der Patienten liegt zwischen 10 und 18 Tagen.
- Der Arzt beginnt mit der Distraction zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Sie liegt zwischen dem 2. und 7. Tag postoperativ und wird später von den Eltern oder vom Patienten selber übernommen.
- Die Aktivierungsdauer beträgt zwischen 6 bis 10 Tagen. Eine Antibiose hat das Kollektiv postoperativ erhalten.
- Beim Patienten 1D kann nach der Entfernung des Distraktors eine nicht ausreichende Ossifikation des Osteotomiespaltes festgestellt werden. Hier folgt eine anschließende Verplattung. Eine zusätzliche Applikation mit Plattenosteosynthese ist ebenfalls an Patient 2D evaluiert worden.
- Des Weiteren hat das Kollektiv postoperativ Bracketts mit Führungsgummis (5D) oder eine intermaxilläre Verschnürung erhalten (1D, 2D, 3D). Beim Patienten 4D konnten keine Angaben entnommen werden.
- Die weitere Therapien zeigen sich wie folgt: kieferorthopädische Weiterbehandlungen (1D, 2D, 3D) und eine Kombination aus Kieferorthopädie und Prothetik (5D). Einer logopädischen Therapie unterzieht sich ein Patient aus diesem Kollektiv (1D).

4. Diskussion

Ziel der Arbeit war, das Rezidivverhalten der Kiefer nach der Dysgnathiechirurgie und der Distractionsosteogenese bei Fehlbildungspatienten anhand von Fernröntgenseitenbilder zu untersuchen und miteinander zu vergleichen.

Die sorgfältige kephalometrische Auswertung anhand eines Fernröntgenbildes erfolgte in dieser Studie durch einen Analytiker. Durch die Analyse von zwei verschiedenen Wissenschaftlern sind Abweichungen bei den Fernröntgenseitenbildern möglich.

Bei der Betrachtung des Rezidivs wies die Untersuchungsgruppe trotz relativ enger Patientenauswahl auffallende Unterschiede im Ausmaß der sagittalen Verlagerungen des Kiefers am Ende der Behandlungszeit auf.

In dieser Studie zeigte der Oberkiefer nach Dysgnathiechirurgie (n=15) bei einer durchschnittlichen Vorverlagerungsstrecke von 3,2mm in einem Zeitraum von einem Jahr und drei Monaten kein Rezidiv (-1,2mm). Ebenso nach einer durchschnittlichen Vorverlagerungsstrecke von 8,5mm wies das Kollektiv kein Rezidiv auf (-0,2mm). Daraus resultiert, dass die Kraniofazialosteosyntheseplatten im untersuchten Zeitraum ein sehr gutes Ergebnis erzielen, sowohl bei kleinen als auch bei größeren sagittalen Vorverlagerungsstrecken. Zudem kommt hinzu, dass die negativen Werte Rückschlüsse auf eine zusätzliche Gewinnung an sagittalen Vorverlagerung postoperativ ergaben. Dieses Ergebnis kann auf rezidivprophylaktische Maßnahmen zurückzuführen sein. Dazu gehören, eine exakte präoperative Planung, Verwendung eines interokklusalen Splintes in überkorrigierter Bisslage und postoperative Einschleiftherapie nach Entfernung des Splintes sowie die kieferorthopädischen Nachbehandlungen. Eine kieferorthopädische Nachbehandlung nach Entfernen der starren intermaxillären Verschnürung ist eine wichtige Maßnahme zur Verhütung von Veränderungen der operativ eingestellten Bisslage. Trotz sorgfältigster Nachbehandlung kann nicht verhindert werden, dass die postoperative Bisslage sich verschlechtert, wenn ungünstige Okklusionsverhältnisse bei der Operation angetroffen werden [46,75].

Einen wesentlichen Einfluss auf das Spätresultat hat der Altersfaktor. Wenn möglich sollte in der Dysgnathiechirurgie nicht vor Wachstumsabschluß operiert werden [27,34].

Aus einer Studie ergab sich, dass von 100 kieferorthopädischen Operationen, bei Jugendlichen unter 17 Jahren, nur 26 Patienten kein Rezidiv erhalten haben. Es mussten 32 Patienten reoperiert werden, da die Ergebnisse klinisch nicht akzeptabel waren. Hervorstechend war die

Gruppe der Jungen unter 16 Jahren. In dieser Gruppe waren 80% der Resultate nicht zufriedenstellend [28].

In dieser vorliegenden Studie hatte das Kollektiv mit Kraniofazialosteosyntheseplatten das Wachstumsalter abgeschlossen (Durchschnittsalter von 25,8 Jahre).

Das größte Rezidiv von 21,3% (2mm) in einem Zeitraum von drei Jahren und eine durchschnittlichen Vorverlagerung von 9,4mm (8mm bis 12mm) war bei einer Distraktionsosteogenese im Oberkiefer zu finden. Des Weiteren ist bei den Distraktionspatienten mit einer durchschnittlichen Vorverlagerungsstrecke von 5,3mm in einem Zeitraum von einem Jahr und neun Monaten ein Rezidiv-Wert von 20,8% (1,1mm) entstanden.

Die Untersuchungen ergaben, dass diese Distraktoren im Oberkiefer bei Fehlbildungspatienten angewendet wurden.

Eine weitere Studie zeigte, dass bei einer sagittalen Distraktion von 9,6mm an einem Kollektiv mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte (n=22) nach 3 Jahren ein Rezidiv von 0,3mm (3,1%) entstehen kann [84].

Die vorgelegte Studie weist darauf hin, dass die Distraktoren im Oberkiefer nicht nur bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte (n=6) angewendet wurden, sondern ebenso bei syndromal bedingten kraniofazialen Fehlbildungen, hier Morbus Crouzon (n=2) und Apert-Syndrom (n=1).

Die chirurgische Korrektur der maxillären Fehlstellung, bzw. Mittelgesichtshypoplasie, beruhen nicht nur auf Osteotomien in der Le Fort-I-Ebene, sondern auch in der Le Fort-III-Ebene mit frontalem Advancement, sowie der Segmentosteotomie nach Zisser. Diese Osteotomien stellten für den Chirurg und Patient ein höheres Operationsrisiko dar.

Weiter kommt hinzu, dass die Le Fort-III-Osteotomie, wie von Tessier [90] bereits 1967 angegeben, mit sofortiger oder gradueller Vorverlagerung für die Behandlung der Apert- oder Crouzon-Syndrome die neurologischen und ophthalmologischen Spätschäden verhindern kann [26,91]. Das frontale Advancement wird je nach Ausprägungsgrad einer kraniofazialen Fehlbildung in derselben Operation durchgeführt.

Hier wird ersichtlich, dass eine frühzeitige Korrektur bei ausgeprägt angeborenen Fehlbildungspatienten vor Wachstumsabschluss eine Hauptindikation für eine kraniofaziale Distraktionsbehandlung ist. Die Rezidivwahrscheinlichkeit sinkt und die Stabilität des Behandlungsergebnisses wird erhöht, da in der betroffenen Region die Distraktionsbehandlung zu einer Histoneogenese führt [1,59,74].

Daraus folgt, dass eine enge Zusammenarbeit mit kieferorthopädischen Behandlungsmöglichkeiten geplant werden muss, da Wachstumsimpulse durch funktionelle Stimulation zu einem Ausgleich von Wachstumsstörungen in anatomisch benachbarten Bereichen führen können, ohne dass weitere chirurgische Interventionen erforderlich sind [43].

Der Fall in dieser Studie deutet daraufhin, dass Syndrompatienten (n=9) mit Hilfe von Distraktoren im Oberkiefer behandelt worden sind, bevor ihre Wachstumsphase abgeschlossen ist (Patient: 3D, 4D, 6D, 8D, 9D). Das Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt betrug 16,5 Jahre (Minimum 5 Jahre, Maximum 25 Jahre). Eine Gegenüberstellung beider Osteosynthesematerialien im Oberkiefer zeigt, dass das Kollektiv mit Distraktoren im Durchschnitt eine größere Vorverlagerungsstrecke zu überwinden hatte als das mit Plattenosteosynthese. Dieses Ergebnis kann eventuell auf das vorhandene Rezidiv bei den Distraktionspatienten zurückzuführen sein. Zudem kommt hinzu, dass zum Zeitpunkt der Operation die Distraktionspatienten, im Durchschnitt gesehen, die Wachstumsphase noch nicht abgeschlossen hatten und die Distraktoren bei Syndrompatienten angewendet wurden.

Andere Studien stellten fest [49], dass bei Fehlbildungspatienten (Lippen-Kiefer-Gaumenspalte) im Oberkiefer mit einer Vorverlagerungsstrecke $\geq 10\text{mm}$ und der Fixierung nach einer isolierten Le Fort-I mit Plattenosteosynthese ein Rezidiv von 63% (n=11) und mit Distraktoren ein Rezidiv von 15% (n=20) entstehen kann. Hier wird deutlich, dass die Distraktionsosteogenese eine sichere Operationsmethode ist und das Rezidiv geringer ausfällt. Eine Studie nach Cheung und Chua weist daraufhin, dass die Kallusdistraktion für junge Lippen-Kiefer-Gaumenspalt-Patienten mit zusätzlichen Fehldefiziten bevorzugt wird [14].

Das Unterkieferkollektiv, das mit Dysgnathiespezialplatten evaluiert wurde (n=8), hatte bei der Einteilung ($> 5\text{mm}$ Vorverlagerungsstrecke) eine durchschnittliche Vorverlagerungsstrecke von 9mm. Das daraus resultierende Rezidiv lag in einem Zeitraum von neun Monaten im Durchschnitt bei 8,9% (0,8mm). Aufgrund dieser Erkenntnis wird in dieser Studie ersichtlich, dass die Dysgnathiespezialplatten bei größeren sagittalen Vorverlagerungen ebenfalls gut geeignet sind. Anzumerken ist, dass dieses Kollektiv die Wachstumsphase abgeschlossen hatte (Durchschnittsalter lag bei 30,4 Jahren) und diese Therapie nicht an Syndrompatienten stattgefunden hat. Damit könnte das geringere Rezidiv begründet werden.

Ein weiteres Rezidivminimum wurde bei der Distraktionsosteogenese im Unterkiefer festgestellt (4%). Die zurückgelegte sagittale Vorverlagerungsstrecke lag im Durchschnitt bei 12,5mm (Minimum 6,8mm, Maximum 16,2mm) in einem untersuchten Zeitraum von acht Monaten. Auch hier fanden die Operationen nach Beendigung des Wachstumsalters statt (Durchschnitt 34 Jahre) und es waren keine Fehlbildungspatienten unter ihnen. Trotz des recht kleinen Kollektivs im Unterkiefer bei den Distraktionspatienten (n=5) und den behandelten Patienten mit Osteosyntheseplatten (n=8), erzielten beide Osteosynthesematerialien sehr gute Ergebnisse.

Aus einer Studie von 2004 wurden 50 Patienten mit einer mandibulären Hypoplasie evaluiert. Das Durchschnittsalter lag bei 14,7 Jahre (zwischen 11,2 und 37,3 Jahre). Das Kollektiv wurde unterteilt in eine hohe Angle Kl. II (sella/nasion – mandibular plane [SN-MP] > 38°) und eine normal bis niedrige Angle Kl. II (SN-MP ≤ 38°). Das mit Distraktoren behandelte Kollektiv zeigte ein Jahr postoperativ in beiden Gruppen Rezidive. Acht von 14 Patienten aus der hohen Angle Kl. II (57%) und nur 3 von 36 Patienten aus der normalen bis niedrigen Angle Kl. II (8,9%) zeigte ein Rezidiv. Man könnte daraus schließen, dass für Patienten mit einer hohen Angle Kl. II ein größeres Rezidiv-Risiko besteht und die Distraktionsosteogenese diesen Umstand nicht verhindern kann [93].

In dieser Studie kann für das Rezidiv im Unterkiefer unter Umständen die Wirkung der Kaumuskulatur, der Zunge und der suprahyoidalen Muskulatur oder sogar eine Störung in der Ossifikation verantwortlich gemacht werden. Bei rezidivgefährdeten Fällen oder in Fällen mit unsicherer Okklusion werden interokklusale Splints angefertigt, um eine eindeutige gesicherte maximale Interkuspitation herzustellen [76,86].

Im Hinblick auf den Unterkiefer wies das Patientenkollektiv keine Syndrompatienten auf, so dass hier keine Aussage über das Rezidivverhalten nach der Dysgnathiechirurgie oder Distraktionsosteogenese getroffen werden kann. In einer Studie nach Klein [45] wurden mandibuläre Mikrognathien bei einem Kollektiv im Wachstumsalter, die durch eine beidseitige Kiefergelenkankylose verursacht war, mit Hilfe von Distraktoren behandelt. In dieser Studie (n=5) zeigte ein Patient postoperativ bei einer Vorverlagerungsstrecke zwischen 25mm und 30mm ein Rezidiv (n=1).

Das zeigt wiederum, dass Distraktoren bei großen Vorverlagerungsstrecken auch im Unterkiefer und in der frühkindlichen Phase sehr gut geeignet sein können. Man macht sich die hohe osteogenetische Potenz jugendlicher Patienten zu Nutze, um größere Vorverlagerungsstrecken mit Hilfe der Kallusdistraktion zu erreichen. Dadurch werden kau-

und sprachfunktionelle Probleme beseitigt, ebenso können durch die ästhetische Verbesserung psychosoziale Probleme in der Entwicklung der Kinder vermieden werden [44].

Zu den klinischen Untersuchungen ist zu erwähnen, dass das Gesamtkollektiv Oberkiefer und Unterkiefer kieferorthopädisch vorbehandelt worden war. Diese dauerte je nach Ausgangssituation zwischen 1 und 11 Jahren (Oberkieferkollektiv: 1-9 Jahre Dysgnathiechirurgie, 3-11 Jahre Distractionsosteogenese / Unterkieferkollektiv: 1-4 Jahre Dysgnathiechirurgie, 1-6 Jahre Distractionsosteogenese). Die prächirurgische kieferorthopädische Vorbehandlung hat die Aufgabe, die Zahnbögen so auszuformen, dass in der postoperativen Zielposition eine stabile Okklusion mit einer möglichst harmonischen Zahnstellung erreicht wird. Sie ist ein wichtiger Faktor in der Rezidivprophylaxe und sollte die Auflösung von Engständen, die Derotation und die Aufrichtung von gekippten Zähnen beinhalten [24].

Des Weiteren wurden in den stationären Akten Komplikationen dokumentiert, zu denen im Oberkiefer Hypästhesien (n=4) bei der Dysgnathiechirurgie, starke Blutungen (n=2) bei beiden Synthesematerialien und pulmonale Insuffizienz (n=1 Morbus Crouzon) bei der Distractionsosteogenese zählen.

Während oder direkt nach einer Operation sind Blutungen und Infektionen nicht auszuschließen. Dysgnathieoperationen können lebensbedrohlich sein, doch gelten diese Eingriffe in der Regel als sicher. Die am häufigsten beschriebenen Komplikationen sind Rezidive und Sensibilitätsstörungen [92].

Im Unterkiefer waren Nervenfunktionsstörungen (n=1) bei der Dysgnathiechirurgie evaluiert worden, zum restlichen Kollektiv waren keine Auffälligkeiten bekannt. Nach Maurer [57] waren in seinem Krankengut die Nervenfunktionsstörung im Sinn einer Hypo- bzw. Anästhesie des N. alveolaris inferior bei 278 Patienten (55%) evaluiert worden. Im Oberkiefer waren es 15% der Fälle, die Ausfallerscheinungen im Versorgungsgebiet des 2. Trigeminasastes registrierten. Diese bildeten sich aber bei allen Patienten während des ersten postoperativen Jahres zurück. Auch andere Autoren haben diese Komplikationen ausführlich analysiert [50,67,101].

Um Rezidiven weiterhin entgegen wirken zu können, sind aus den klinischen Akten eine postoperative Behandlung mit einer Delaire-Maske evaluiert worden. In der Dysgnathiechirurgie wurde im Oberkiefer nach einer Osteotomie in der Le Fort-I-Ebene eine Delaire-Maske verwendet (n=1). In den anderen Fällen wurde diese nur im Anschluss der Distractionsentfernung im Oberkiefer anhand von Syndrompatienten (n=3, Lippenkiefer-

Gaumen-Spalte, Morbus Crouzon, Apert-Syndrom) genutzt, um das erzielte Ergebnis nach einer Le Fort-I (n=1) und einer Le Fort-III-Osteotomie (n=2) weiterhin zu stabilisieren. Die operativ angelegten Suturen nach Osteotomie werden mit der Maske gedehnt und ein appositionelles Knochenwachstum findet statt. Es kommt zu kontinuierlichen Kräften von 1000-1200 g [20]. Bei gleichzeitiger Vorwärtsrotation des Mittelgesichtes und posteriorer Rotation der Mandibula ist auf diese Weise eine „bone lengthening“ der Schädelbasis zu erreichen [40]. Es folgt eine Harmonisierung des gesamten Gesichts.

Zusammenfassend muss man feststellen, dass die Dysgnathiechirurgie als auch die Distraktionsosteogenese zur Korrektur von Bißlageanomalien und skelettalen Diskrepanzen von Ober- und Unterkiefer zu einem Routineverfahren in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie geworden sind.

Die Dysgnathiechirurgie wird überwiegend an Patienten angewendet, die das Wachstumsalter überschritten haben. Nur bei strenger Indikation, wie zum Beispiel starker psychischer Belastung, sollten eine kieferorthopädische Operationen vor Abschluss des Wachstums durchgeführt werden [28].

Die Studie hat für die Verwendung von Plattenosteosyntheseverfahren gezeigt, dass sowohl bei großen als auch bei kleineren sagittalen Vorverlagerungen ein sehr gutes Ergebnis werden kann. Nur im Unterkiefer konnte ein Rezidiv von 8,9% (0,8mm) nachgewiesen werden.

Das Distraktionsverfahren fand überwiegend an Fehlbildungspatienten und Operationen zum Teil im Wachstumsalter ihre Anwendung. In Bezug auf das Ergebnis, zeigte sich ein Rezidiv von < 22%. Trotz dieses Ergebnisses ist die Distraktionsosteogenese bei schweren kraniofazialen Deformitäten die Therapie der Wahl.

Zur Behandlung ausgeprägter Mittelgesichtsrücklagen bei ungünstigen Weichgewebeverhältnisse dient die Kallusdistraktion [15,19,71].

Insbesondere bei angeborenen Spaltbildungspatienten ist der Distraktor aufgrund der Knochen- und Weichgewebsdefizite mit den jeweiligen Narbenzügen von Voroperationen gut geeignet.

Zudem ist die Distraktionsosteogenese in der Lage, größere Diskrepanzen zu bewältigen, bei denen alternativ nur ein bimaxillärer Eingriff mit simultaner Rückverlagerung des Unterkiefers möglich wäre [32].

Vorteile des Distraktionsverfahrens sind die Neubildung von Knochen und eine Gewebevermehrung in den umgebenden Weichgeweben, ohne eine Entstehung von

Narbenbildung aufgrund von konstant einwirkenden Dehnkräften (Distraction von 1mm pro Tag) [58].

Es folgt ein langsamer Vorgang der Weichgewebsvermehrung und keine sofortige Knochenverlagerung mit hoher Gewebedehnung und -spannung, wie sie bei der Plattenosteosynthese zu finden ist.

Hinzuzufügen ist, dass die Frührezidive durch die starre Fixierung und eine verbesserte Adaption der Knochen an Bedeutung verloren haben.

Steinhäuser gibt an, dass die Häufigkeit der Rezidive zwischen 44% und 91% bis hin zu stabilen Ergebnissen variiert [88]. Es entstehen nicht nur prozentuale Abweichungen in den jeweiligen Studien, aufgrund der Unterschiede im Patientenkollektiv und des Operationsverfahren, sondern auch in den unterschiedlichen Definitionen, ab wann von einem Rezidiv gesprochen werden kann. Dimitroulis zum Beispiel ist der Meinung, dass es weniger auf die Definition ankommt, sondern vielmehr auf die verschiedensten Faktoren, die die Stabilität des Ergebnisses beeinflussen könnten. Eine Rolle spielt seiner Meinung nach das Ausmaß der Verlagerung, eine stabile und passive Positionierung der Knochensegmente, Operationsmethoden und auch myofunktionellen Dysfunktionen [22].

Die Ergebnisse in dieser Studie sollten mit Vorsicht interpretiert werden, da das Patientengut (n=38) recht klein ist. Abschließend betrachtet spiegeln die Ergebnisse jedoch einen Trend wider, der auch in den Darstellungen vergleichbarer Studien zu finden ist.

5. Literaturverzeichnis

1. Albanese M., Nocini P.F., Wangerin, K.: Histological examination of osteogenetic tissue obtained one year after distraction of the mandible. Diner P.A, Vazques M.P., eds. Proceedings of the 2nd International Congress on Cranial and Facial Bone Distraction Processes. Bologna: Monduzzi Editore, pp 29-34 (1999)
2. Axhausen, G.: Zur Behandlung veralteter dislozierter Oberkieferbrüche .Dtsch.Zahn-,Mund-,Kieferheil.1,334 (1934)
3. Bell, W.H.: LeFort-I-osteotomy for correction of maxillary deformities.J.oral.Surg. 33, 412 (1975)
4. Bill, J.S., Reuther, J.F.:Rapid prototyping in planing reconstructive surgery of the head and neck. Rview and evaluation of indications in clinical use.Mund Kiefer Gesichtschir 2004;8:135-53
5. Blair, V.P.: Report of a case of double resection for the correction of protrusion of the mandible .Dent.Cosmos 48, 817 (1907).
6. Block, M., Daire, J., Strover, J., Matthews, M. : Changes in the inferiore alveolar nerve following mandibular lengthening in the dog using distraction osteogenesis. J. oral Maxillofac surg 51: 652-660
7. Bothur, S., Blomqvist, J.E., Isaksson, S.: Stability of the Le Fort-I-osteotomy with advancement: a comparison of single maxillary surgery and a two-jaw procedure. J Oral Maxillofac Surg 1998;56:1029-1034.
8. Braumann, B., Niederhagen, B., Schmolke, C. (1997): Die mandibuläre Distractionsosteogenese. J. Orofac Orthop Fortschr. Kieferorthop.58: 298-305

9. Brix, F., Lambrecht, J.T.: Individuelle Schädelmodellherstellung auf der Grundlage computertomographischer Informationen. Fortschr.Kiefer-Gesichtschir. 1987; 32: 74-77.
10. Bucher, O., Wartenberg, H.: Cytologie ,Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen 1997, S.129-140
11. Carls, F.R., Jackson, I.T., Topf, J.S.: Distraction osteogenesis for lengthening of the hard palate: Part 1. A possible new treatment concept for velopharyngeal incompetence. Experimental study in dogs. Plast Reconstr Surg 100, 1635 (1997)
12. Carls, F.R., Sailer, H.F.: Seven years clinical experience with mandibular distraction in children. J Craniomaxillofac Surg 26, 197 (1998)
13. Champy, M., Lodde, J.P., Schmitt, R., Jaeger, J.H., Muster, D. (1978): Mandibular osteosynthesis by miniature screwed plates via a buccal approach. J.Maxillofac surg 6: 14-21
14. Cheung, L.K., Chua, H.D.P.: A meta –analysis of cleft maxillary osteotomy and distraktion osteogenesis. Int. J. Oral Maxillofac.Surg.2006; 35: 14-24
15. Chin, M., Toth, B.A.. (1997): Le Fort-III advancement with gradual distraction using internal devices. Plast Reconstr Surg 100:819-30
16. Claes, L., Eckert-Hubner, K., Augat, P.: The effect of mechanical stability on local vascularization and tissue differentiation in callus healing. JOR 20: 1099-105;2002
17. Codivilla, A.: On the means of lengthening in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. Am J Orthop Surg 2: 353
18. Cohn-Stock, G.: Die chirurgische Immediatregulierung der Kiefer ,speziell die chirurgische Behandlung der Prognathie .Vjschr.Zahnheilk.37,320 (1921)
19. Cohen, S.R. (1999): Craniofacial distraction with a modular internal distraction system: evolution of design and surgical techniques.Plast Reconstr Surg 103:1592-1607

20. Delaire, J., Verun, P., Fluor, J.: Ziele und Ergebnisse extraoraler Züge in posteriorer- anteriorer Richtung in Anwendung einer orthopädischen Maske bei der Behandlung von Fällen der Klasse III. Fortschr.Kieferorth 37,247 (1976)
21. Delloye, C., Delefortrie, G., Coutelier, L., Vincent, A.: Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening. An experimental study. Clin orthop.:34-42 (1990).
22. Dimitroulis, G.: A simple classification of orthognathic surgery complications. Int J Adult Orthod Orthognath Surg 1998; 13: 79-87.
23. Eckert, A.W. u.a.: Komplikationen bei der chirurgischen Behandlung von Dysgnathien. 50-jähriger Erfahrungsbericht, in: Mund Kiefer GesichtsChir 6/2001, S. 357-361. S. 357.
24. Ehmer, U.: <http://zmkweb.uni-muenster.de/einrichtungen/kfo/lehre/bildung/kdmms/therapie/therapiekonzept/index.html>.
2007.Ref Type: Internet Communication
25. Epker, B.N., Wolford, L.M.:Middle third Face Osteotomies: Their use in the correction of acquired and development dentofacial and craniofacial deformities.J.oral.Surg. 33, 491 (1975)
26. Fearon, J.A.: The Le Fort-III-osteotomy: to distract or not distract? Plast Reconstr Surg 2001;107:1091-103
27. Freihofer, H.P.: Results after midface-osteotomies. J. max.-fac.Surg.1 (1973) 30
28. Freihofer, H.P.: Kieferorthopädische Operationen im Jugendalter : ja oder nein ? Grundlagen, Entwicklung und Fortschritte der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Band 11,S.62-64
29. Gaggle, A., Schultes, G., Kärcher, H.: Distractionsimplantate; ein neues augmentatives Konzept mit prothetisch versorgbaren Distraktoren. Dtsch Zahnärztl Z 55: 57 (2000)

30. Gateno, J., Allen, M.E, Teichgraeber, J.F., et al. An in vitro study of the accuracy of a new protocol for planning distraction osteogenesis of the mandible. *J.Oral Maxillofac Surg.* 2000;58:985-90;discussion 990-1
31. Gillies, H.: In : Rowe and Killey: Fractures of the facial skeleton. London (1955)
32. Hierl T., Klisch, N., Klöppel, R., Hemprich: Therapie ausgeprägter Mittelgesichtsrücklagen mit Hilfe der Distraktionsosteogenese. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2003 7:7-13
33. Hoffmeister, Bodo/Wangerin, Konrad: Skelettale Stabilität nach bimaxillärer Chirurgie, in: Schwenzer, Norbert (Hrsg): Fortschritte in der Kiefer- und Gesichtschirurgie, New York 1995 (40), S. 57-63.
34. Hogemann, K.E., K. Willmar: On Le Fort-III-osteotomy for Crouzon `s disease in children. *Scand. J. plast. reconstr.Surg.* 8 (1974) 169
35. Hu, J., Tang, Z., Wang, D., Buckley, M.G. (2001): Changes in the inferior alveolar nerve after mandibular lengthening with different rates of distraction. *J oral Maxillofac Surg* 59: 1041-1046
36. Hullihen, S.P.: Case of elongation of the under jaw and distortion of the face and neck caused by a burn, successfully treated. *Amer. J. Dent.* 9,157 (1849)
37. Ilizarov, G.A (1988): The principles of Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst* 48: 1-13
38. Ilizarov, G. A.: Presentation at the Annual Meeting of the American Society of Plastic and Reconstructive Surgeons, Boston, October 1990
39. Jazrawi, L.M., Majeska, R.J., Klein, M.L., Kagel, E., Stromberg, L., Einhorn, T.A.: Bone and cartilage formation in an experimental model of distraction osteogenesis. *J Orthop Trauma* 12: 111-6; 1998.

40. Joos, U.: Combined surgical and functional treatment of craniosynostosis. Kongress der European Association of Cranio-Maxillofacial Surgery. Den Haag 1994
41. Joos, U. (1999): An adjustable bone fixation system for sagittal split ramus osteotomy: preliminary report. *Br J oral Maxillofac Surg* 37: 99-103
42. Kay, E.D., Kay, C.N. (1989): Dysmorphogenesis of the mandible, zygoma and middle ear ossicles in hemifacial microsomia and mandibulofacial dysostosis. *Am J Med Genet* 32:27-31
43. Kessler, P., Wiltfang, J., Schutze-Mosgau, S et al. Distractionosteogenesis of the maxilla and midface using a subcutaneous device: report of four cases. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001,39.13-21
44. Klein, C., Howaldt, H. P.: Lengthening of the hypoplastic mandibula by gradual distraction in childhood. A preliminary report. *J Craniomaxillofac Surg* 213: 68-74 (1995)
45. Klein, C., Howaldt, H. P.: Mandibuläre Mikrognathien als Folge frühkindlicher Kapitulumfrakturen und ihre Behandlung mit Hilfe der Distractionsosteogenese. *Fortschr Kiefer GesichtsChir* 41: 147 (1996)
46. Köle, H.: Zur Frage der Rezidiventstehung und Verhütung. In: *Chirurgische Kieferorthopädie*, 2. Aufl., hrsg. von E. Reichenbach, H. Köle, Barth, Leipzig 1970 (S.109)
47. Kojimoto, H., Yasui, N., Goto, T.: Bone lengthening in rabbits by callus distraction. The role of periosteum and endosteum. *J. Bone Joint Surg.* 70 B: 543(1988)
48. Krekmanov, L. (1989): Orthognathic surgery without the use of postoperative intermaxillary fixation. A clinical and cephalometric evaluation of surgical correction of mandibular and maxillary deformities. *4.Swed.Dent J suppl.* 61: 8-62

49. Kumar, A., Gabbay, J.S, Nikjoo, R., Heller, J.B, O'Hara, C.M, Sisodia, M., Garri, J.I, Wilson, L.S, Kawamoto, H.K Jr, Bradley, J.P.: Improved outcomes in cleft patients with severe maxillary deficiency after LeFortI internal distraction. *Plast Reconstr.Surg.* 2006 Apr 15;117 (5):1499-509
50. Leira, J., Gilhuus-Moe :Sensory impairment following sagittal split osteotomy for correction of mandibular retrognathism. *Int.J.Adult Orthodont* 6 (1991) 161-167
51. Leonhardt, H.: *Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen*, Thieme Verlag Stuttgart 1990, S. 115-147.
52. Lim Kwong Cheung u.a.: Cleft Maxillary Distraction versus Orthognathic Surgery: Clinical Morbidities and Surgical Relapse, in: *Plastic and Reconstructive Surgery* 118,4/2006, S. 996-1008. S. 996.
53. Lippert, H.: *Lehrbuch der Anatomie* , Urban und Fischer Verlag : München, Jena 2005, S. 28-32
54. Luhr, H.G. (1968): On the stable osteosynthesis in mandibular fracture. *Dtsch.Zahnarztl.Z.* 23 (7): 754
55. Luhr, H.G., Kubein-Meesenburg, D., and Schwestka-Polly R. (1991): The importance and technic of temporomandibular joint positioning in the sagittal splitting of the mandible. 30. *Fortschr.Kieferorthop.* 52(2):66-72
56. .Luhr, Hans-Georg/Jäger, Andreas: Indikation, Technik und Ergebnisse der bimaxillären Chirurgie. In: Schwenzer, Norbert (Hrsg.): *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie* 40, New York 1995, S. 20-41.
57. Maurer, P., Otto, C., Eckert, A.W., Schubert, J.: Komplikationen bei der chirurgischen Behandlung von Dysgnathien. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 2001 5:357-361

58. McCarthy, J.G, Schreiber, J., Karp, N. et al. Lengthening of the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* 1992;89:1-8
59. Meyer, U., Wiesmann, H.P., Kruse-Lösler, B., Handschen, J., Stratmann, U., Joos, U.: Strain-related bone remodeling in distraction osteogenesis of the mandible. *Plast Reconstr. Surg* 103:800-8007 (1999)
60. Meyer, U., Meyer, T., Wiesmann, H.P., Kruse – Lösler, B., Vollmer, D., Stratmann, U., Joos, U.: Mechanical tension in distraction osteogenesis regulates chondrocytic differentiation, *Int J Oral Maxillofac Surg* 39: in Press (2001)
61. Meyer, U., Kleinheinz J., Joos, U.: Biomechanical and clinical implications of distraction osteogenesis in craniofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 2004;32:140-9
62. Molina, F., Ortiz-Monasterio, F.: Mandibular elongation and remodelling by distraction: a farewell to major osteotomies. *Plat Reconstr Surg* 6: 825-840 (1995)
63. . Moore, M.H., Guzman –Stein, G., Proudman, T.W., Abbott, A.H., Netherways, D.J., David, J.D. (1994): Mandibular lengthening by distraction for airway obstruction in Treacher-Collins syndrom .*J. Craniofac Surg* 5:22-28
64. Morais, L.S.: Titanium alloy mini-implants for orthodontic anchorage: Immediate loading and metal ion release. *Acta biomater.*3(3):331-339
65. Murray, J.E., Kaban, L.B., Mulliken, J.B. (1984): Analysis and treatment of hemifacial microsomia. *Plast Reconstr. Surg* 74: 186-199
66. Obwegeser, H.: Surgical correction of small or retrodisplaced maxillae. *Plast.reconst.Surg.*43, 351 (1969)
67. Obwegeser, J.A., Wieselmann, G.: Sind Läsionen des Nervus alveolaris inferior nach sagittaler Spaltungsosteotomie des Ramus mandibulae vermeidbar? *Z.Stomatol.* 86 (1989)

68. Ortiz–Monasterio, F., Molina, F., Andrade, L.: Simultaneous mandibular a maxillary distraction in hemifacial microsomia in adults: Avoiding occlusal disasters. *Plast Reconstr Surg* 100: 852 (1997)
69. Peri, G., Jourde, J., Menes, R.: Holes especially for reconstruction of certain segments of the facial bones. *Ann Chir, Plast.* 18(2): 169-173 (1973)
70. Piffko, J., Homann, C., Schuon, R., Joos, U., Meyer, U. (2003): Experimentelle Untersuchung zur biomechanischen Stabilität unterschiedlicher Unterkieferosteosynthesen. *Mund u. Kiefer Gesichtschirurgie* 7:1-6
71. Polly, J.W., Figueroa, A.A.(1997): Management of severe maxillary deficiency in childhood and adolescence through distraction osteogenesis with an external, adjustable, rigid distraction device. *J Craniofac Surg* 8: 181-185
72. Poukens, J., Haex J., Riediger D.:The use of rapid prototyping in the preoperative planning of distraction osteogenesis of the craniomaxillofacial skeleton. *Comput Aided Surg* 2003;8:146-54
73. Rachmiel, A., Potparic, Z., Jackson, I. T., Sugihara, T., Clayman, L., Topf, J. S., Forte, R. A.: Midface advancement by gradual distraction. *Br J Plast Surg* 46: 201 (1993)
74. Rachmiel, A., Levy, M., Laufer, D.: Lengthening of the mandible by distraction osteogenesis: Report of case. *J Oral Maxillofac.Surg* 53:838-846(1995)
75. Reichenbach, E.: Betrachtung zur Progenieoperation unter Berücksichtigung der Spätergebnisse. *Dtsch.Zahn-,Mund-u. Kieferheilk.* 4 (1937)710
76. Robinson, M.: Prognathism corrected by open vertical condylotomy.*J.S.Calif.dent.Ass.*24 (1956)

77. Rosenthal, W.: Missbildungen und Deformitäten des Gesichtes und der Kiefer. In :Sonntag E, Rosenthal W (Hrsg.) Lehrbuch der Mund- und Kieferchir. Georg Thieme, Leipzig, pp. 171-175
78. Rotter, B.E., Zeitler, D.L.: Stability of the Le For-I Maxillary osteotomy after rigid internal fixation. J Oral Maxillofac surg 1999; 57: 1080-1089.
79. Rüter,Kohn,Correll,Brutscher : Kallusdistraction. Urban und Schwarzenberg 1998:S.15-25
80. Santler, G.: Computergestützter 3-D-Operationssimulator. Mund Kiefer Gesichts Chir.2000; 4: 39-44
81. Schiebler, T.H., Junqueira, L.C., Carneiro, J.: Lehrbuch der Cytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen. Springer Verlag, Berlin:S.190-217 (1996)
82. Schwenger, N., Ehrenfeld, M.: Spezielle Chirurgie Band 2. Zahn –Mund-Kiefer-Heilkunde: Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung. Thieme Verlag Stuttgart 2002
83. Snyder, C. C., Levine, H. M., Swanson, H. M., Browner, E. Z.: Mandibular lengthening by gradual distraction. Plast Reconstr Surg 51: 506-508 (1973)
84. Soares, M., Mrinoho, L., Duarte, P., Correa, C.: Ude of Intraoral Devices for Maxillary Advancement on Cleft Lip Patients.Proceedings of the International Congress of Craniofacial and Maxillofacial Distraction. Paris(France), Monduzzi Editore:2003,62
85. Spiessl, W.: Osteosynthesis in sagittal osteotomy using the Obwegeser–DalPont methode. 6. Fortschr.Kiefer-Gesichtschir.18 S.145-148 (1974).
86. Steinhäuser, E.W.: Advancement of the mandible by sagittal ramus split and suprahyoid myotomy. J.oral Surg.Anesth. 31 (1973) 516
87. Steinhäuser, W., Janson, M.: Kieferorthopädische Chirurgie Band I S.239 (1988)

88. Steinhäuser, E.W.: Historical development of orthognathic surgery. J cranio Maxillofac Surg 1996;24:195-204
89. Stevens, A., Lowe, J.: Histologie des Menschen (2.Auflage), London 1997,S.234-249
90. Tessier, P.:Osteotomics totales de la face. Syndrome des Crouzon ,Apert.Oxycephalies,Scaphophalies,Turriccephalies.Amer Chir Plast 12,273(1967)
91. Tessier, P.: The definitive plastic surgical treatment of severe facial deformities of the craniofacial dysostosis : Crouzon`s and Apert`s diseases.Plast Reconstr Surg 1971;48:419-42
92. Van de Perre, J.P.A., Stoelinga, P.J.W., Blijdorp, P.A., Brouns, J.J.A., Hoppenreijns, T.J.M.: Perioperative morbidity in maxillofacial orthopaedic surgery: a retrospective study. J Cranio Maxillofac Surg 2004; 62: 549-554
93. Van Strijen, P.J., Breuning, K.H., Becking, A.G., Tuinzing, D.B. (2004): Stability after Distraction osteogenesis to lengthen the mandible: Results in 50 Patients. American Association of oral and maxillofacial surgeons: J oral Maxillofac Surg 62: 304-307
94. Wagner, S., Reyneke, J.P.: The Le Fort-I downsliding osteotomy: A study of long-term hard tissue stability. Int J Adult Orthod Orthognath Surg 2000; 15: 37-49
95. Wang, X., Chen, H. and Zhong 1998: The study of biocompatibility of titanium in middle ear cave of guines-pig. 104. Lin.Chuang.Er.Bi Yan.Houke.ZaZhi 12 (3): 134-136
96. Wang, X.X., Wang, X., Li ZL (2002): Effects of mandibular distraction osteogenesis on the inferior alveolar nerve: an experimental study in monkeys. Plast Reconstr.Surg 109: 2373-2383
97. Wangerin, K., Gropp, H. (1994): Die enorale Distractionsosteotomie des mikrogenen Unterkiefers zur Beseitigung der Atemwegsobstruktion. Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir 14: 424

98. Wassmund, Martin: Lehrbuch der praktischen Chirurgie des Mundes und der Kiefer (Bd. 1). Leipzig 1935, S. VII.

99. Wiedemann, M.: Morphologische Grundlagen der Kallusdistraction, Zentralbl.Chir 119: S.587-593 (1994).

100. Xia, J., Samman, N., Yeung, R.W.K., Shen, S.G., Wang, D., Tideman, H.: Three-dimensional virtual reality surgical planning and simulation workbench for orthognathic surgery. Int J Adult Orthod Orthognath Surg 2000; 15: 265-282

101. Yoshida, T., Nagamine, T., Kobayashi, T., Michimi, N.: Impairment of the inferior alveolar nerve after sagittal split osteotomy. J. cranio-max.-fac. surg.17(1989) 271-278

6. Danksagung

Herrn Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. U. Joos danke ich herzlich für die Überlassung dieses interessanten Themas.

Herrn Prof. Dr. Dr. U. Meyer und Dr. E. Langer möchte ich mich herzlich bedanken, die bei Fragen aller Art jederzeit ansprechbar waren und aufkommende Probleme schnell zu lösen vermochten. Dafür, dass sie mir seit Beginn meiner Promotion freundlichst mit vielen Anregungen zur Seite standen.

Ferner danke ich den Mitarbeitern der Abteilung für Kieferorthopädie der Universitätsklinik Münster, insbesondere Herrn Dr. T. Stamm, für die Bereitstellung der Patientendaten und Fernröntgenseitenbilder, welche mir die Erhebung der wissenschaftlichen Daten ermöglichten.

Mein Dank gilt auch den Mitarbeitern der radiologischen Abteilung und den Leitstellen, welche mich bei der Suche nach Röntgenbildern und Akten tatkräftig unterstützt haben.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, die mir die Berufsausbildung ermöglicht und mich all die Jahre tatkräftig unterstützt haben wo sie nur konnten.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinem Mann bedanken, der mich während der Dissertation emotional unterstützt hat und für seine unermessliche Geduld.

7. Lebenslauf