

**Retrospektive Untersuchung
zur enoralen Distraction
des aufsteigenden Unterkieferastes
bei Erwachsenen**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Beck, Vera Charlotte**

2016

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. S. Reinert

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. F. Stuby

Widmung

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Einführung	7
1.2	Die Distractionsosteogenese	8
1.3	Die Unterkieferdistraction	9
1.4	Fragestellung.....	12
2	Material und Methode	15
2.1	Patienten	15
2.1.1	Patientenkollektiv	15
2.1.2	Der vertikale Unterkieferdistraction.....	16
2.2	Methode	17
2.2.1	Präoperative Planung (unidirektionale Distraction)	17
2.2.2	Operationsmethode	18
2.2.3	Messung der Länge des aufsteigenden Unterkieferastes	20
2.2.4	Postoperative Versorgung	22
2.2.5	Zweitoperationen	24
2.2.6	Datenerhebung	24
2.2.7	Datenverarbeitung	25
3	Ergebnisse	27
3.1	Patientengut	27
3.2	Bilaterale Distraction.....	28
3.2.1	Zeiträume zwischen den Messungen.....	28
3.2.2	Bilaterale Distraction, gesamtes Patientenkollektiv	29
3.2.2.1	Rechter Ramus ascendens	29
3.2.2.2	Linker Ramus ascendens.....	31
3.2.3	Bilaterale Distraction ohne Zweitoperation.....	33
3.2.3.1	Zeiträume zwischen den Messungen.....	33
3.2.3.2	Rechter Ramus ascendens	33
3.2.3.3	Linker Ramus ascendens.....	35
3.2.4	Bilaterale Distraction mit Zweitoperationen	36
3.2.4.1	Zeiträume zwischen den Messungen.....	36
3.2.4.2	Rechter Ramus ascendens	37
3.2.4.3	Linker Ramus ascendens.....	38

3.3	Unilaterale Distraction	40
3.3.1	Unilaterale Distraction, gesamtes Patientenkollektiv.....	40
3.3.1.1	Zeiträume zwischen den Messungen.....	40
3.3.1.2	Distrahierter Ramus ascendens	41
3.3.2	Unilaterale Distraction ohne Zweitoperation	42
3.3.2.1	Zeiträume zwischen den Messungen.....	42
3.3.2.2	Distrahierter Ramus ascendens	43
3.3.3	Unilaterale Distraction mit Zweitoperation.....	44
3.3.3.1	Zeiträume zwischen den Messungen.....	44
3.3.3.2	Distrahierter Ramus ascendens	44
3.4	Komplikationen in direktem Bezug zur Methode	46
4	Diskussion	49
4.1	Langzeitstabilität bei sechsmonatiger Retentionsphase	49
4.1.1	Diskussion des Materials und der Methode	49
4.1.2	Ergebniskritik bezüglich der Stabilität bei einem Zeitintervall von sechs Monaten.....	58
4.2	Unterschiede in der Langzeitstabilität bei unilateraler beziehungsweise bilateraler Distraction	60
4.2.1	Ergebniskritik: Stabilität bei uni- versus bilateraler Distraction	61
4.3	Bedeutung nachfolgender Osteotomien	62
4.3.1	Ergebniskritik bezüglich nachfolgende Osteotomien.....	63
4.4	Schlußfolgerung	64
5	Zusammenfassung	65

1 Einleitung

1.1 Einführung

Betrachtet man das Gesicht eines Menschen unter ästhetischen Gesichtspunkten, können bereits kleinste Abweichungen von der als Schönheitsideal geltenden Norm markant auffallen. Schon Leonardo da Vinci legte mit seinen Studien die Proportionen seines Idealgesichts fest (Abbildung 1-1). Diese wandelten sich zwar im Laufe der späteren Epochen immer wieder und doch finden seine Analysen und Ausmessungen (Kwakkelstein, 1994) bis heute Anwendung.



Abbildung 1–1: Büste eines Mannes im Profil mit Proportionsstudien um 1490; Feder und zwei Schattierungen, Tinte über Metallstift 280 x 220 mm; Venedig, Gallerie dell' Academia, Inv. 236 v

Mit der Entwicklung des zahnmedizinischen Fachgebietes Kieferorthopädie bekam das Wachstum beziehungsweise die Wachstumsrichtung des knöchernen Schädels zunehmende Bedeutung. Es wurden unterschiedliche kephalometrische Analysen des Gesichtsschädels entwickelt

(Hasund, 1974; Ricketts, 1950), die seit den 80-er Jahren in der Kieferchirurgie die Basis der Planung operativer Korrekturen des Kiefers darstellen. Horizontale Kieferfehlstellungen mit zu kleinem oder zu großem Kiefer können mit diesen Hilfsmitteln heute verlässlich und präzise korrigiert werden. Auch beim sogenannten Lang- oder Kurzgesicht, kann eine Korrektur durch Kieferverlagerungen in vertikaler Richtung vorgenommen werden. Selbst bei Asymmetrien des Gesichts ist es möglich geworden, die Symmetrie vollständig wieder herzustellen.

1.2 Die Distractionsosteogenese

Besteht die Indikation zur Kieferkorrektur, so können dieser und auch andere knöcherne Gesichtsteile verlagert und durch Ostesyntheseplatten und -schrauben in neuer Position fixiert werden. Zur Ausfüllung knöcherner Lücken wird körpereigener, also autologer Knochen, transplantiert. Es gibt jedoch Situationen, in denen ein zu kleiner Kiefer um eine so große Distanz vergrößert werden muss, dass die Kieferverlagerung, Stabilisierung und Knochentransplantation nicht mehr erfolgversprechend ist. In solchen Fällen wird eine Distractionsosteogenese durchgeführt. Das Prinzip dieser Methode ist eine Knochenverlängerung ohne Knochentransplantat. Ein zu kurzer Knochen wird durchtrennt und mit einer Dehnschraube in ursprünglicher Stellung fixiert. Nach Ablauf der Wundheilung wird die Dehnschraube einige Tage später schrittweise aktiviert. Es entsteht ein Knochenspalt, der sich in Abhängigkeit vom Ausmaß der Distraction weiter vergrößert.

In den provozierten Knochenspalt wächst langsam phasenweise Knochen ein (Kessler, 2002; Zheng, Ma, & Cheung, 2009).

Die Ossifikation kann sowohl desmal als auch enchondral stattfinden (Li, Simpson, Kenwright, & Triffitt, 1997; Wiedemann, 1994). Nach vollständiger Stabilisierung des neuen Knochens kann Monate später die Dehnschraube bzw. der Distraktor wieder entfernt werden. Mit dieser Methode können außergewöhnliche große Distanzen knöchern überbrückt werden. So ist es möglich, auch kleine Kiefer beziehungsweise Teile eines zu kleinen Kiefers erheblich zu vergrößern.

Historie der Distractionsosteogenese

Erstmals wurde die Verwendung des Konzepts der Knochenverlängerung ohne Knochentransplantat zu Beginn des 20. Jahrhunderts in der Orthopädie beschrieben. Der italienische Chirurg Alessandro Codivilla berichtete 1905 aus Bologna über eine Verlängerung des Femurs zum Ausgleich einer Beinlängendifferenz durch Distraction (Codivilla, 1905). Abott verwendete 1927 in St.Louis/USA die gleiche Methode, um eine Tibiaverlängerung durchzuführen (Abott, 1927). Schließlich wurde die Methode der Distraction großer Extremitäten das Lebenswerk des russischen Orthopäden Gavril A. Ilizarov, der nach dem 2. Weltkrieg in Kurgan, östlich des Urals, unter äußerst eingeschränkten Bedingungen versuchte, durch Trauma, Traumafolgen und auch durch angeborene Fehlbildungen bedingte Beinverkürzungen mit Hilfe von Distractionen zu verlängern. Die Distraction der Extremitäten mit einem Fixateur externe dauerte Monate und fesselte die Patienten für diese Zeit ans Bett, bis es Ilizarov gelang, einen belastungstabilen Ringfixateur zu entwickeln, der den Patienten über die lange Zeit der Behandlung auch Stehen und Gehen ermöglichte (Ilizarov, 1988). Ilizarov untersuchte die Knochenneubildung vielfach auch experimentell (Ilizarov, 1989 (I), 1989 (II)). Er veröffentlichte alle seine Erkenntnisse lediglich in russischer Sprache und blieb während der Zeit des kalten Krieges im Westen unbekannt.

Er erreichte mit seiner Methode Knochenverlängerungen von bis zu 30 Zentimetern und konnte anhand zahlreicher klinischer und morphologischer Studien die Stabilität des entstanden Knochens nachweisen. Bis heute wird in der Orthopädie und Handchirurgie die Methode der Distraction mittels eines externen Fixateurs routinemäßig angewendet.

1.3 Die Unterkieferdistraction

Die erste enorale Unterkieferdistraction wurde bereits von Rosenthal 1927 durchgeführt und in Wassmunds „Praktische Chirurgie des Mundes und der Kiefer“ 1935 veröffentlicht (Wassmund, 1935).

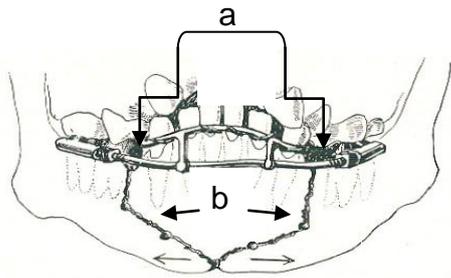


Abb. 1-2

Abbildung 1-2: a) keilförmiges Abtrennen des anterioren Unterkieferalveolarfortsatzes b) mit medianer Kontinuitätsunterbrechung des anterioren Unterkiefers

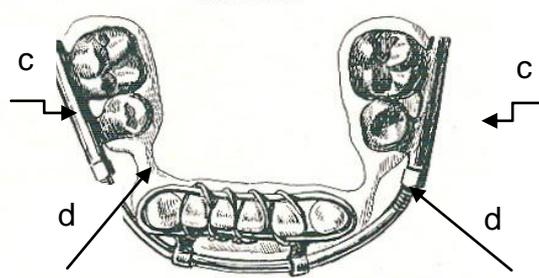


Abb. 1-3

Abbildung 1-3: c) Dehnschrauben, befestigt an überkronten Molaren d) Verbindung der durch Distraction erreichten Alveolarfortsatzlücke durch neugebildeten Knochen

Ohne die heute jederzeit verfügbare Gabe von Antibiotika war dieses enorale Operationsverfahren auf Grund seiner erheblichen Infektionsgefahr außerordentlich wagemutig. Nach beidseits keilförmiger Abtrennung des anterioren Unterkieferalveolarfortsatzes unterbrach man die Kontinuität des Unterkiefers zusätzlich in der Medianen. Die Dehnschrauben wurden mit ihren Extensionen bukkal an den Unterkieferzähnen per Gusskrone und Draht befestigt und anschließend aktiviert.

Das Profilbild der Patientin zeigt das erreichte Ergebnis.



Abbildung 1-4: links: Patientin vor Distraction



Abbildung 1-5: rechts: Patientin nach Distraction

Es dauerte noch bis in die 70- er Jahre des letzten Jahrhunderts, bis Snyder und seine Mitarbeiter mit extraoralen Distractionen versuchten, an Hunden den aufsteigenden Unterkieferast zu verlängern (Snyder, Levine, Swanson & Browne, 1973). Die erste erfolgreiche Distraction mittels intraoralen Distraktoren an Hunden wird von Michieli und Miotti 1977 (Michieli & Miotti, 1977) beschrieben.

Erst nach dem Zusammentreffen von Ilizarov und McCarthy 1988 in New York erkannte McCarthy den Wert der Ilizarov-Distraction für die plastische Gesichtschirurgie und verwendete einen miniaturisierten Distraktor aus der Handchirurgie, um die verkürzten fehlgebildeten Unterkiefer bei hemifazialen Mikrosomien von extraoral zu verlängern (McCarthy, Schreiber, Karp, Thorne, & Grayson, 1992).

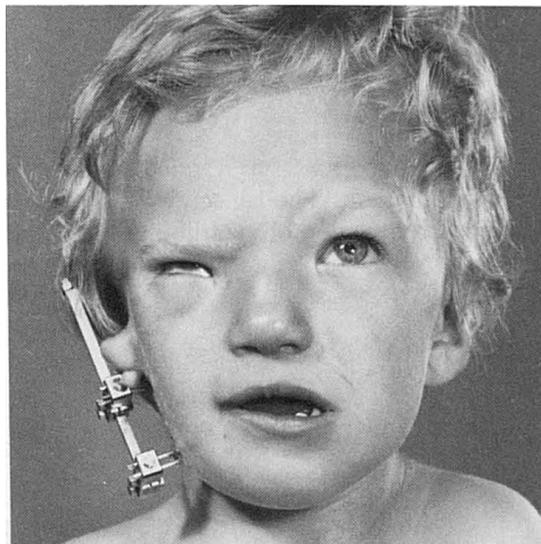


Abbildung 1–6: Extraoraler Distraktor zur Verlängerung des rechten aufsteigenden UK-Astes bei einem 4 Jahre alten Jungen mit hemifazialer Mikrosomie rechts. (McCarthy et al., 1992)

Die ersten vier Fallbeschreibungen waren der Beginn eines unglaublichen Distractionbooms. Über mehr als ein Jahrzehnt folgte weltweit die Entwicklung unzähliger Apparaturen und Distractionsmethoden.

1994 veröffentlichten Wangerin und Gropp (K. Wangerin, Gropp, H., 1994) die erste Verwendung eines enoralen horizontalen Unterkieferdistraktors.



Abbildung 1–7: horizontaler Unterkieferdistraktor (rechtsseitig), Firma Medicon (Medicon eG)

Ein Jahr später entwickelte die Firma Medicon den unilateralen Distraktor zur enoralen vertikalen Distraction des aufsteigenden Unterkieferastes, der in dieser retrospektiven Untersuchung verwendet wurde.

Zeitgleich entwickelten Diner et al. in Zusammenarbeit mit der Firma Leibinger einen enoralen knochenfixierten Distraktor. Sie publizierten ab 1996 die ersten erfolgreich behandelten Fälle von Gesichtsymmetrien unter Verwendung eines fortentwickelten enoralen Distraktors der Firma How Medica Leibinger GmbH (P. A. Diner, Kollar, Martinez, & Vazquez, 1996; P. A. Diner, Kollar, E., Martinez, H., Vazquez, M.P., 1997; P. A. Diner, Tomat, Soupre, Martinez, & Vazquez, 1999).

Schon 1998 entwickelten Triaca et al. den ersten multiaxialen enoralen Unterkieferdistraktor, wodurch auch die multidirektionale Distraction möglich wurde (A. Triaca, Minoretti, R., McGurk, M., Mc Donald, F., Daumgartner, R., Hunenbart, S., Merz, B., 1999; K. Wangerin, 2005).

1.4 Fragestellung

Die zentrale Fragestellung dieser retrospektiven Untersuchung betrifft die Stabilität des neugebildeten Knochens im Distractionsspalt. Dabei soll untersucht werden, ob die postoperative Konsolidierungszeit von sechs Monaten genügt, um die durch Distraction erreichte Verlängerung des aufsteigenden Unterkieferastes zu sichern.

Unterfragen:

1. Gibt es Unterschiede zwischen der knöchernen Stabilität und somit der Längenkonstanz eines ein- oder beidseitig distrahierten aufsteigenden Unterkieferastes?
2. Hat eine nachfolgende Osteotomie zur erneuten Unterkieferverlagerung Einfluss auf die Stabilität des Ergebnisses?

2 Material und Methode

2.1 Patienten

2.1.1 Patientenkollektiv

Bei siebenundzwanzig Patienten wurde vom 30.11.2001 bis zum 20.03.2008 in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Marienhospital Stuttgart die Technik der enoralen vertikalen Unterkieferdistraktion angewandt. Ein Patient wurde von der retrospektiven Untersuchung ausgeschlossen, da die Nachuntersuchung seinerseits nicht wahrgenommen wurde. Das Alter der Patienten betrug zum Zeitpunkt der Distraktion 16-51 Jahre bei einem mittleren Alter von 24,7 Jahren. Sechzehn weibliche Patienten standen sechs männlichen Patienten gegenüber. Die Indikation zur Operation ergab sich aus den folgenden Diagnosen: hemifaziale Mikrosomie, Dysgnathie der Angle Klasse II mit schwerer mandibulärer Retrognathie, Gesichtsasymmetrie, verkürzter Unterkieferast nach Collum-Fraktur, Goldenhar-Syndrom und Vogelgesicht.

Es wurden zwei Untersuchungsgruppen gebildet:

Gruppe 1:

Einseitige Verkürzung des aufsteigenden Unterkieferastes.

Diagnosen:

Hemifaziale Mikrosomie, Gesichtsasymmetrie, Dysgnathie der Angle Klasse II, verkürzter Unterkieferast nach Collumfraktur, Goldenhar-Syndrom, Vogelgesicht

Alter und Geschlecht:

Von elf Patienten waren sechs Patienten weiblichen (54,5%) und fünf Patienten männlichen Geschlechts (45,5%). Zum Zeitpunkt der Distraktorimplantation betrug das Durchschnittsalter 24 Jahre.

Gruppe 2:

Beidseitige Verkürzung des aufsteigenden Unterkieferastes.

Diagnosen:

Hemifaziale Mikrosomie, Dysgnathie der Angle Klasse II mit schwerer mandibulärer Retrognathie

Alter und Geschlecht

Von fünfzehn Patienten waren vierzehn Patienten weiblichen (93,3%) und ein Patient männlichen Geschlechts (6,7%). Zum Zeitpunkt der Distraktorimplantation betrug das Durchschnittsalter 25 Jahre.

2.1.2 Der vertikale Unterkieferdistraktor

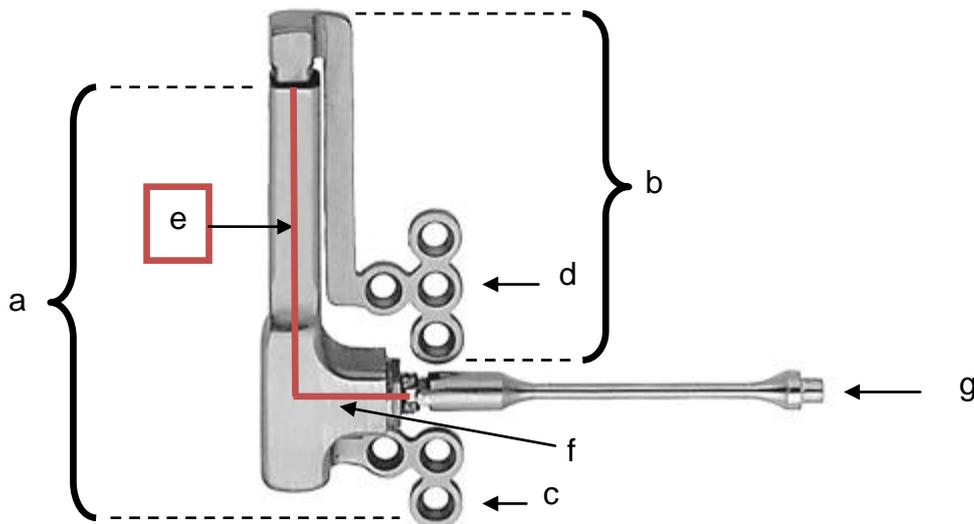


Abbildung 2-1: vertikaler Unterkieferdistraktor der Firma Medicon (Medicon, 2000) bestehend aus zwei Titanteilen a) + b), a) Distraktionszylinder mit c) L-förmiger Miniosteosyntheseplatte, b) Distraktionsstange mit d) T-förmiger Miniosteosyntheseplatte, e) in sich abgeschlossener Getrieberaum mit f) Kardangetriebe und g) Aktvierungsstab

Aufbau des Distraktors:

Der für diese Untersuchung verwendete Unterkieferdistraktor wurde aus reinem Titan gefertigt und besteht aus zwei Teilen. Den einen Teil bildet ein Distraktionszylinder mit L-förmiger Miniosteosyntheseplatte, der zur monokortikalen Distraktorfixierung kaudal der Osteotomie fixiert ist. Der zweite Teil ist eine darin steckende, durch Schraubendrehung verlängerbare Distraktionsstange mit einer T-förmigen Miniosteosyntheseplatte zur mono- oder bikortikalen Fixierung kranial der Osteotomie. Der Getrieberaum des Distraktors ist in sich geschlossen.

Handhabung:

Bei beiden Titanplatten ist ein individuelles Anformen an der bukkalen Knochenoberfläche des Unterkiefers möglich. Die Mini-Schraubenfixierung kann

bikortikal oberhalb des Nervus alveolaris inferior erfolgen, in der Nähe des Nervs jedoch vorzugsweise monokortikal. Mittels des spannungslos im Vestibulum liegenden beweglichen Aktivierungsstabs erfolgt die Distraction. Dieser Aktivierungsstab darf bei der Linksdrehung jedoch nicht mehr als 30° Neigung zum Kardangetriebe aufweisen (e. Medicon, 10/2009). Voraussetzung für eine Distractionsosteogenese am aufsteigenden Ast ist eine ausreichende Knochenfläche. Zur Fixierung des 20 mm Distraktors, welcher bei geringgradiger Fehlbildung und genügendem Platzangebot zur Distraction eingesetzt wird, benötigt man eine Knochenadaptionfläche von 10x 25mm. Auch die Implantation des 15 mm Distraktors, der bei Fehlbildungen hochgradigen Ausmaßes am aufsteigenden Ast verwendet wird, setzt eine Knochenadaptionfläche von 10x 25 mm voraus (e. Medicon, 10/2009).

2.2 Methode

2.2.1 Präoperative Planung (unidirektionale Distraction)

Bestimmung des Distractionsektors

Bei der präoperativen Planung liegt ein besonderes Augenmerk auf der Berechnung des Distractionsektors. Bedingt durch die intraorale Position kann im Vergleich zu einem extraoralen Distraktor postoperativ keine Veränderung des Distractionsektors vorgenommen werden. Somit ist im Vorfeld der Operation eine präzise Planung des Distractionsektors unabdingbar (Albanese, Mercanti, Bertele, Stella, & Trevisiol, 2006; Kofod, Pedersen, Norholt, & Jensen, 2005; Rachmiel, Manor, Peled, & Laufer, 2001; K. Wangerin, 2000). Dieser Vektor wird mittels kephalometrischer Analyse an einer Fernröntgenseitaufnahme bestimmt. Hierbei wird der Unterkiefer in eine optimale Okklusion oder auch in eine Überkorrektur zum Oberkiefer gebracht. Diese optimale Okklusion wird hiernach durch clockwise-Rotation um den Condylus auf gleiche Höhe mit der präoperativen Okklusion des Patienten gebracht. Die Richtung des Distractionsektors wird durch Verbindung gleicher Punkte in der zu distrahierenden Region des Unterkiefers vor und nach der Verlagerung bestimmt.

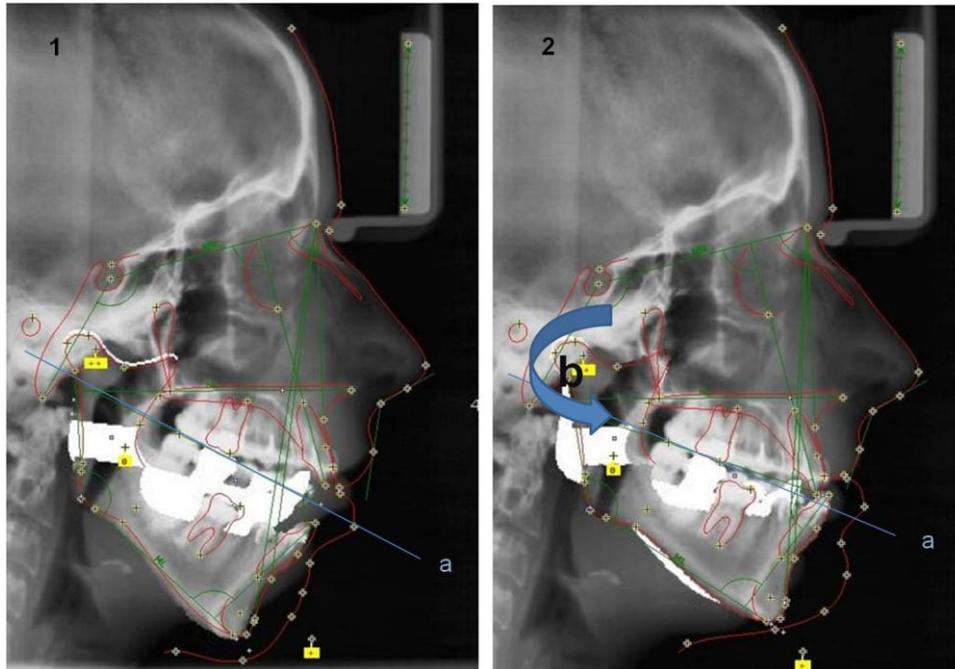


Abbildung 2-2: Cephalometrische Planung des Distraktionsvektors
1) Fernröntgenseitenaufnahme mit cephalometrischer Vermessung vor Rotation
2) Fernröntgenseitenaufnahme mit cephalometrischer Vermessung nach Rotation um den Condylus a) Verbindung gleicher Punkte zur Bestimmung der Richtung des Distraktionsvektors b) Rotation um den Condylus bis zur optimalen Okklusion

2.2.2 Operationsmethode

Die Operation zur enoralen Verlängerung des aufsteigenden Astes des Unterkiefers mittels Distraction erfolgt in Allgemeinnarkose mit transnasaler Intubation. Nach dem Waschen und sterilen Abdecken des Patienten erfolgt das Einspritzen von Xylocain und Adrenalin. Es schließt sich ein paramarginaler Schnitt im Unterkiefer an, woraufhin die Darstellung der Linea obliqua sowie des Kieferwinkels und des dorsalen Unterkieferrandes erfolgt. Anschließend wird der vertikale Unterkieferdistraktor (15 mm/20 mm) eingebracht. Hiernach folgt die Anpassung der Miniplatten an die knöcherne Oberfläche des Kieferwinkels. Es schließt sich die temporäre Fixation mittels Minischrauben mit Festlegung der Distraktionsrichtung an.

Nach Fixation und Einbringung des Distraktors wird mittels C-Bogen eine Röntgenaufnahme zur Überprüfung der Distraktorlage beziehungsweise des Distraktorvektors vorgenommen und gegebenenfalls eine Nachkorrektur durchgeführt. Es folgt die Bohrung aller zur Distraction benötigten Bohrlöcher. Anschließend wird die Markierung der Osteotomie-richtung mit der Lindemann Fräse und die

Entfernung der Distraktoren durchgeführt. Hiernach schließt sich die bukkale Osteotomie in Höhe der vorherigen Markierung von der Linea obliqua bis schräg kaudal zum Kieferwinkel an. Nach weiterem Schwächen der Knochenstrukturen durch Lambotte-Meißel und Lexer-Meißel erfolgt schließlich die Mobilisierung der beiden Kieferfragmente. Hierbei wird auf Schonung des Nervus alveolaris inferior geachtet. Die Fixierung des Distraktors findet an der ursprünglichen Position mit den vorher bereits verwendeten Minischrauben statt. Hiernach erfolgt die Probedistraktion des Distraktors mit Darstellung des Nervus alveolaris inferior und abschließendem Wundverschluß.

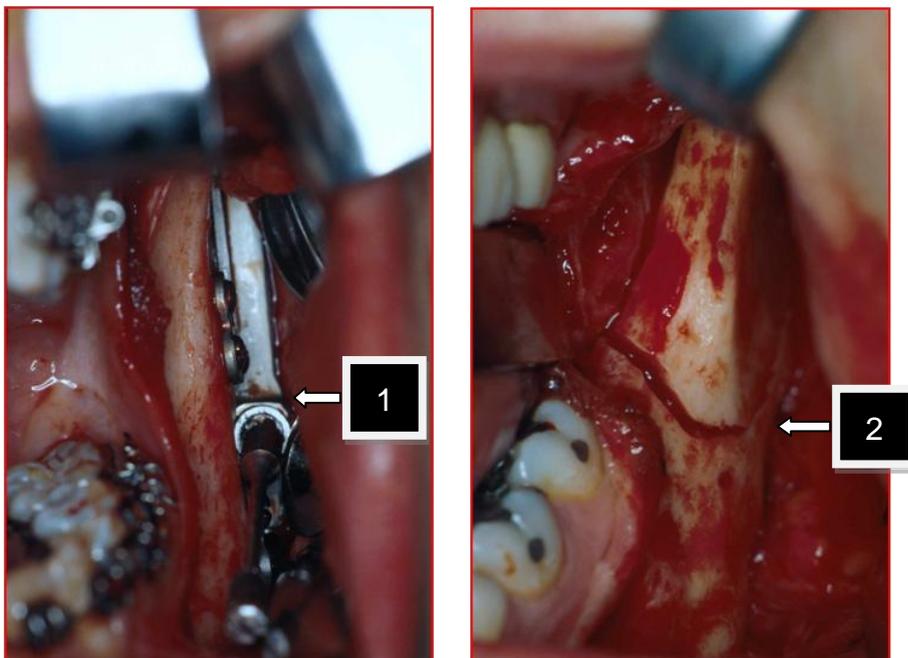


Abbildung 2–3: links: 1) Primäre Fixierung des Distraktors mit Einstellung des Vektors

Abbildung 2–4: rechts: 2) Temporäre Entfernung des Distraktors und Markierung der Osteotomielinie

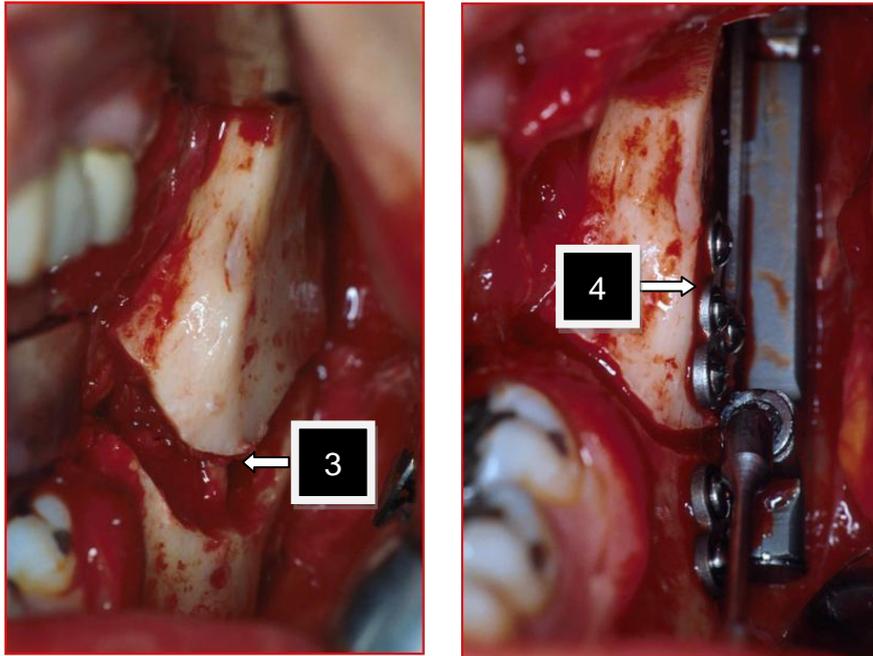


Abbildung 2–5: links: 3) Vollständige Osteotomie

Abbildung 2–6: rechts: 4) Endgültige Fixierung des Distraktors

Der Aktivierungspin wird nach dem postoperativen Erreichen des Distraktionsziels gekappt, so dass keine Verbindung mehr zur Mundhöhle besteht. Zwei Monate nach Beendigung der Distraction zeigt sich eine knöcherne Durchbauung der distrahierten Strecke.

2.2.3 Messung der Länge des aufsteigenden Unterkieferastes

Verwendete Röntgenbilder

Für die Feststellung der Länge des aufsteigenden Unterkieferastes wurden Panoramaschichtaufnahmen angefertigt. Sämtliche in die Statistik einbezogenen Panoramaschichtaufnahmen wurden im Marienhospital Stuttgart erstellt. Hierzu wurde das Panorama-Standard-Programm des Gerätes Orthophos Plus DS Ceph der Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim (D) verwendet. Die Patientenpositionierung erfolgte über ein Aufbissstück, Haltegriffe und Schläfenstütze.

Die korrekte Einstellung der Midsagittalenachse und der Frankfurter Horizontalen wurde durch sichtbare Lichtvisiere definiert. Am Ende jedes Röntgen-

vorgangs wurden die Aufnahmeparameter und Positionierungsdaten gespeichert.



Abbildung 2–7: Orthophos Plus DS Ceph Sirona (Minerva, 2002)

Methode der Messung

Die Messung der Länge des aufsteigenden Unterkieferastes erfolgte individuell standardisiert an den Panoramaschichtaufnahmen der Patienten. Jeweils zur Messung zur Verfügung standen die Aufnahmen vor Distraktorimplantation, nach Distraktorentfernung, gegebenenfalls vor zusätzlicher Operation und mindestens sechs Monate nach Distraktorentfernung oder zusätzlicher Operation. Sämtliche Ergebnisse wurden in die Statistik einbezogen.

Der kraniale Punkt zur Längenbestimmung des Ramus ascendens des Unterkiefers wurde durch die Vermessung des Processus condylaris in der Fossa mandibularis festgelegt (Condylus = Co). Hierzu wurde eine horizontale Linie am unteren Rand des Processus condylaris und dessen Mittelpunkt definiert.

Danach wurde ein Längenvektor an diesem Punkt verankert und durch Bestimmung der größten Länge dieses Vektors zum kranialen Ende des Processus condylaris hin der erste Punkt zur Längenmessung des Ramus ascendens festgelegt.

Der kaudale Punkt des Ramus ascendens des Unterkiefers wurde durch Festlegung eines Punktes am Übergang der Kortikalis des zahntragenden Unterkie-

fersegmentes zum Kieferwinkel bestimmt (Gonion = Go) und bei jeder nachfolgenden Messung übernommen.

Die Längenbestimmung erfolgte in der Gruppe mit bilateraler wie auch der Gruppe mit unilateraler Distraction beidseits. Die Länge des Ramus ergab sich aus dem Abstand zwischen Condylus und Gonion.



Abbildung 2–8: Bestimmung der Länge des aufsteigenden Unterkieferastes an einer Panoramasaufnahme (vor Distraction); Gn = Gonion; Cn = Condylus; vertikale Höhe des Ramus = Condylus - Gonion.

Zur Messung wurden alle Panoramaaufnahmen aller Patienten herangezogen. Die Indikation für die Aufnahme dieser Röntgenbilder ergab sich aus der regulären Patientenversorgung. Die Messung erfolgte beidseits.

Zur Sicherung des bestmöglich reproduzierbaren und genauesten Messergebnisses, wurden die Messungen dreimalig wiederholt und durch Stichproben von einem Facharzt der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie kontrolliert.

2.2.4 Postoperative Versorgung

Sicherung der distrahierten Strecke

Für die postoperative Sicherung der distrahierten Strecke erfolgte präoperativ die Herstellung einer Kunststoffschiene, dem sogenannten Splint, im zahntechnischen Labor.

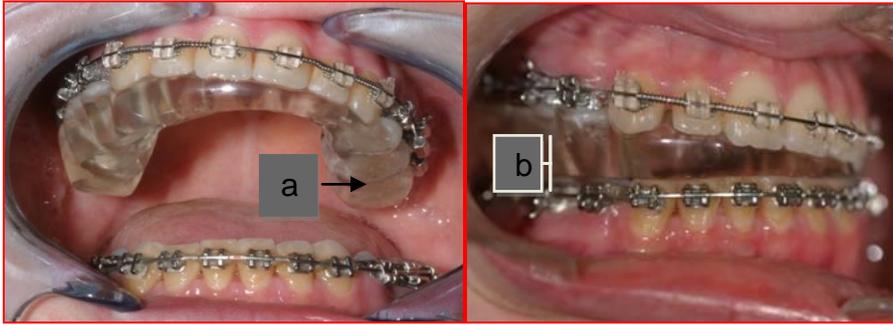


Abbildung 2–9: a) Splint zur Abstützung des b) lateral offenen Bisses, der durch Distraction des rechten aufsteigenden Astes entstanden ist.

Medikamentöse Versorgung

Eine intravenöse antibiotische Prophylaxe erfolgte sowohl intraoperativ als auch am Abend der Operation sowie an den zwei Folgetagen. Zur abschwellenden und antiinflammatorischen Behandlung erhielten die Patienten Steroide intravenös. Eine medikamentöse Schmerztherapie erfolgte postoperativ bis zur Schmerzfreiheit in Verbindung mit einem Protonenpumpenhemmer.

Kühlung

Während der ersten postoperativen vierundzwanzig Stunden wurde bei allen Patienten eine kontinuierliche Kühlung des Kieferbereiches durchgeführt. In den Folgetagen wurden die Patienten zur intermittierenden Kühlung angehalten.

Kostaufbau

Postoperativ, sowie an den zwei Folgetagen, nahmen die Patienten flüssige Kost zu sich. Ab dem dritten postoperativen Tag erhielten die Patienten passierte Kost.

Distraktionsprotokoll

Die Distraction begann bei allen Patienten am vierten postoperativen Tag. Distrahiert wurde in Linksdrehung zweimal täglich 0,5 mm. Nach Entlassung der Patienten, zwischen dem vierten und sechsten postoperativen Tag, wurde die Distraction bis zum Erreichen des Distraktionsziels zwei Mal wöchentlich überprüft.

2.2.5 Zweitoperationen

Im Anschluss an die Distraktionsbehandlung ergab sich in einigen Fällen die Indikation zur Zweitoperation. Angestrebt wurden hierbei eine Stabilisierung der Distraktion sowie eine Komplettierung des funktionellen und ästhetischen Gesamtergebnisses. In der Gruppe der Patienten mit bilateraler Distraktion erfolgte an zwei Patienten nach vertikaler Unterkieferdistraktion eine bimaxilläre Umstellungsosteotomie und eine zusätzlich nachfolgende sagittale Spaltungsosteotomie, sowie an einem Patient eine bimaxilläre Umstellungsosteotomie. In der Gruppe der Patienten mit unilateraler Distraktion schloss sich bei sieben Patienten eine bimaxilläre Umstellungsosteotomie an und bei drei Patienten eine sagittale Spaltungsosteotomie.

Die Sagittale Spaltungsosteotomie:

Dieses Verfahren beinhaltet die Verlagerung des Unterkiefers ohne Distraktor. Der Unterkiefer wird hierbei retromolar in zwei großflächige Lamellen getrennt, die gegeneinander nach vorne oder nach hinten verschoben und mit Platten und Schrauben aus Titan in der neuen Stellung fixiert werden.

Die Bimaxilläre Umstellungsosteotomie:

Die bimaxilläre Umstellungsosteotomie ist eine einzeitige Verlagerung des Ober- und Unterkiefers ohne Distraktor. Der Oberkiefer wird oberhalb der Zahnreihe vom Gesichtsschädel abgetrennt und je nach Ausgangsbefund nach vorne beziehungsweise nach hinten verlagert. Anschließend erfolgt die Fixierung in der neuen Position mit Titanplatten und Schrauben. Am Unterkiefer erfolgt eine sagittale Spaltung mit anschließender Osteosynthese und Repositionierung. Diese Behandlung ermöglicht somit eine dreidimensionale Korrektur der Kieferfehlstellung im Ober- und Unterkiefer.

2.2.6 Datenerhebung

Die Datenerhebung wurde retrospektiv nach Behandlungsende der Patienten durchgeführt. Aus den elektronischen und handschriftlichen Patientenakten des Marienhospitals Stuttgart erfolgte die Erhebung von Geburtsdatum, Geschlecht, Diagnose, Operationsdatum, Nebendiagnosen, Alter zum Zeitpunkt der Distrak-

torimplantation, Operationszeitpunkt der Zweitoperationen, sowie die Operations- und Behandlungsprotokolle der Patienten. Die Ausmessung der elektronisch gespeicherten Bildgebung erfolgte mit dem Softwareprogramm JVISION der Radiologischen Abteilung des Marienhospitals Stuttgart.

Die Einsichtnahme in die digitalen Patientenakten lief über die Softwareprogramme Orbis Open Med., Version 05.07.31.0110 (32-Bit Release), OS Version Windows NT 5.1 der GWI AGFA Company, Deutschland.

Behandlungsverläufe und Operationsberichte konnten in den Softwareprogrammen Medos, Version 7.2.0 PLA-KEA! 420, der Medos AG in Langenselbold (D) und Evident für Mund-, Gesichts-, Kieferchirurgen der Evident GmbH in Bingen (D) recherchiert werden.

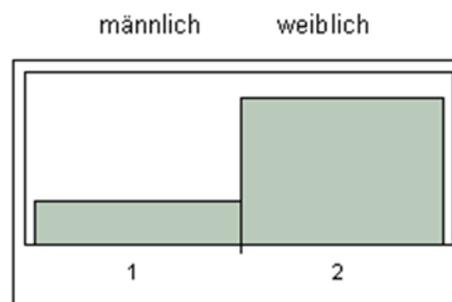
2.2.7 Datenverarbeitung

Die statistische Datenverarbeitung erfolgte am Institut für medizinische Biometrie der Universität Tübingen (Kommissarische Leitung Herr Professor Dr. Martin Eichner) unter Anleitung von Herrn Dr. Gunnar Blumenstock. Zur Ausarbeitung der Statistik wurde das Statistikprogramm JMP 7.0.2, des Instituts SAS (USA), verwendet.

3 Ergebnisse

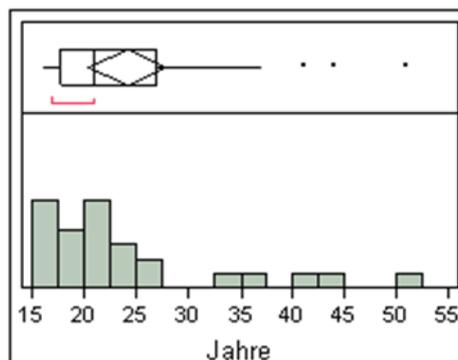
Die Darstellung der Ergebnisse ist aufgliedert in die Ergebnisse der Gruppe mit bilateraler Distraction und der Gruppe mit unilateraler Distraction. Untergliedert werden in beiden Gruppen die Ergebnisse der gesamten Gruppe, sowie die Ergebnisse der Patienten ohne eine der Distraction nachfolgenden Operation und der Patienten mit nachfolgender Operation. Eine Darstellung der Zeitrahmen in denen gemessen wurde, erfolgt bei den jeweiligen Ergebnissen.

3.1 Patientengut



Graphik 3-1: Geschlechterverteilung

Das gesamte Patientenkollektiv umfasste sechsundzwanzig Patienten. Hiervon waren zwanzig Patienten weiblichen und sechs Patienten männlichen Geschlechts.

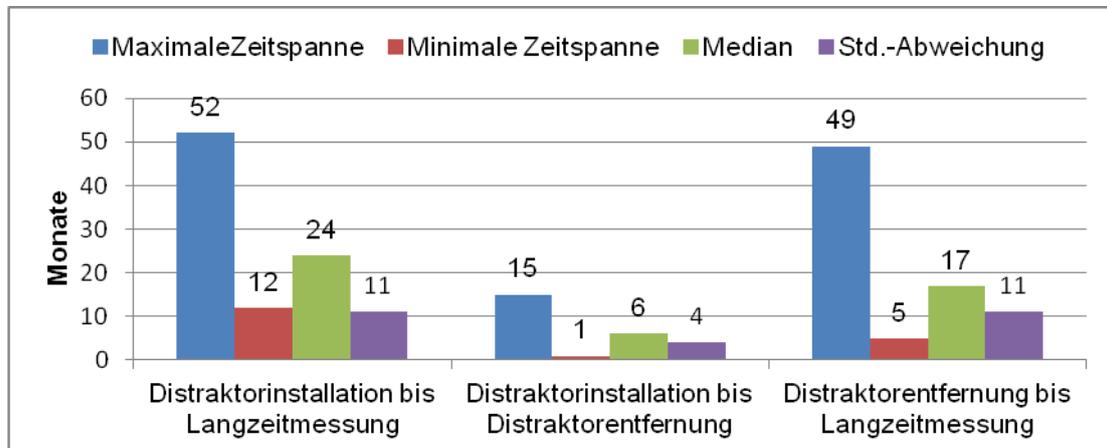


Graphik 3-2: Alter der Patienten N=26

Zum Zeitpunkt der Distraktorimplantation war der jüngste Patient 16 Jahre alt und die älteste Patientin 51 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug 24,7 Jahre.

3.2 Bilaterale Distraction

3.2.1 Zeiträume zwischen den Messungen



Graphik 3–3: Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung. N = 15

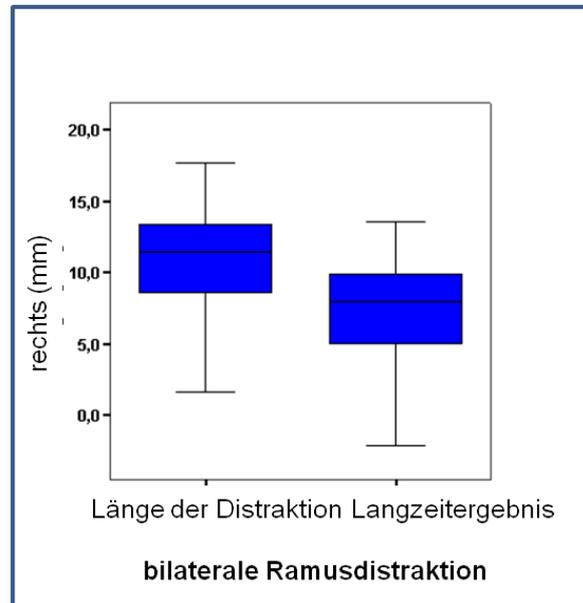
In der Gruppe der Patienten mit bilateraler Distraction wurde der Median für den Untersuchungszeitraum zwischen Distraktorinstallation und letzter Messung der Untersuchung bei vierundzwanzig Monaten ermittelt.

Der Median für die Dauer des enoralen Verbleibs des Distraktors lag bei sechs Monaten, wobei die kürzeste Dauer ein Monat betrug. Der Median für den Beobachtungszeitraum nach Distraktorentfernung lag bei siebzehn Monaten, das Minimum jedoch bei 5,9 Monaten.

3.2.2 Bilaterale Distraction, gesamtes Patientenkollektiv

3.2.2.1 Rechter Ramus ascendens

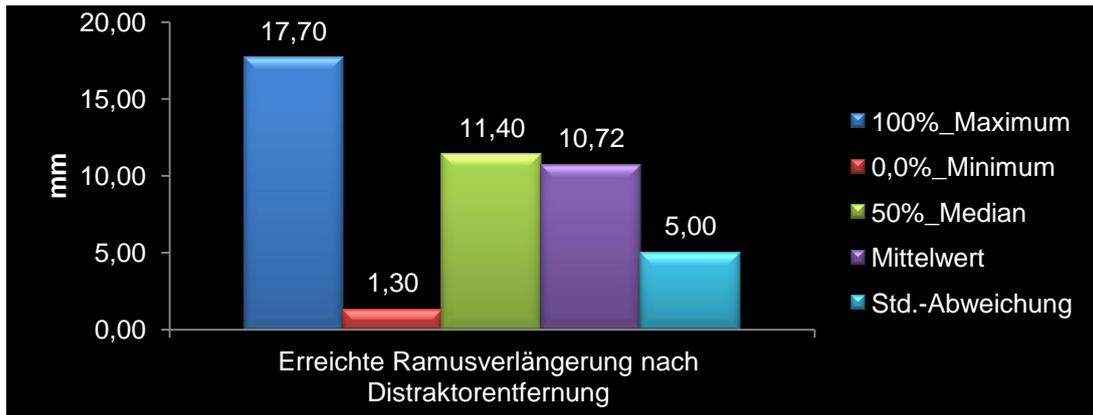
Überblick über die Länge der Distractionen und des Langzeitergebnisses



Graphik 3–4: Distraction des rechten Ramus – bilaterale Distraction
Darstellung des Median mittels schwarzem Balken im blauen Feld

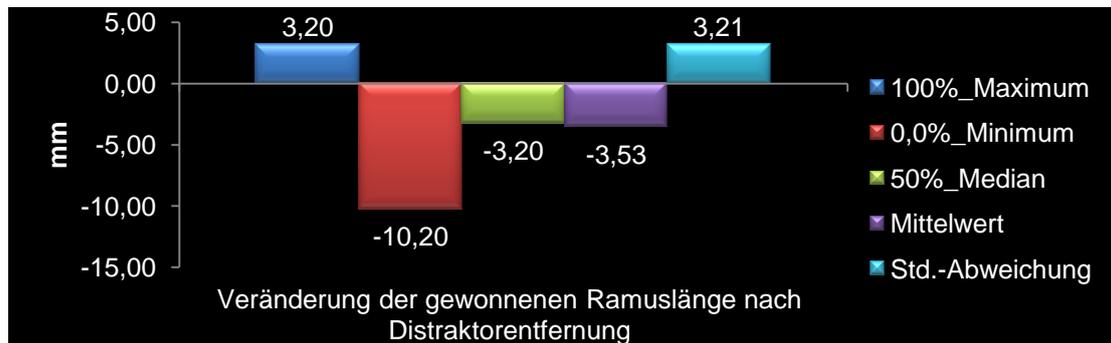
Bei sehr verschiedenem Verhalten der Rami der einzelnen Patienten beschreibt der Mittelwert als rein rechnerischer Wert das Verhalten des Ramus nur unzureichend.

Besser zeigt hier der Median von 11,4 Millimeter für die Distractionslänge, ein Median von 3,2 Millimeter für den Verlust an gewonnener Ramuslänge bis zum Langzeitergebnis sowie ein Median von 7,3 Millimeter für die Ermittlung der distraherten Länge im Langzeitergebnis das durch bilaterale Distraction erreichte Ergebnis.



Graphik 3–5: Durch Distraction gewonnene Knochenlänge in Millimeter am rechten Ramus.

Die durch Distraction gewonnene Knochenlänge betrug am rechten Ramus zum Zeitpunkt der Distraktorentfernung im Mittel 10,72 Millimeter. Im Maximum wurde bei einem Patienten eine Knochenverlängerung von 17,70 Millimeter erreicht. Den geringsten Zuwachs an Knochenlänge durch Distraction wurde bei einem Patienten mit 1,30 Millimeter gemessen. Die ermittelte Standardabweichung beträgt 5,0 Millimeter.



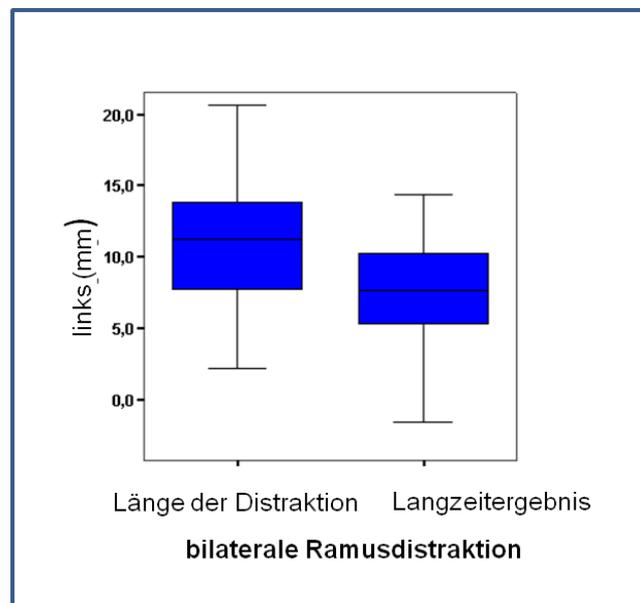
Graphik 3–6: Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis.

Die Messung für die Bestimmung der Veränderung der Länge des rechten Ramus nach Distraktorentfernung ergibt im Mittel einen Verlust an Ramuslänge von 3,53 Millimeter.

Im Maximum wurde bei einem Patient ein zusätzlicher Zuwachs nach Distraktorentfernung von 3,2 Millimeter gemessen und im Minimum bei einem Patient ein Verlust der zuvor erreichten Ramuslänge von 10,2 Millimeter ermittelt. Die Standardabweichung betrug 3,21 Millimeter.

3.2.2.2 Linker Ramus ascendens

Überblick über die Länge der Distractionen und des Langzeitergebnisses



Graphik 3-7: Distraction des linken Ramus – bilaterale Distraction
Darstellung des Median mittels schwarzem Balken im blauen Feld

Der Median der Länge der Distractionstrecke liegt beim linken Ramus ascendens bei bilateraler Therapie der fünfzehn Patienten bei 11,2 Millimeter.

Zum Zeitpunkt der letzten Messung wurde der Median für den Gewinn der Ramuslänge im Vergleich zur Messung vor Distraction am linken Ramus von 7,6 Millimeter bestimmt und ein Median von 1,7 für den Verlust an Distractionstrecke.

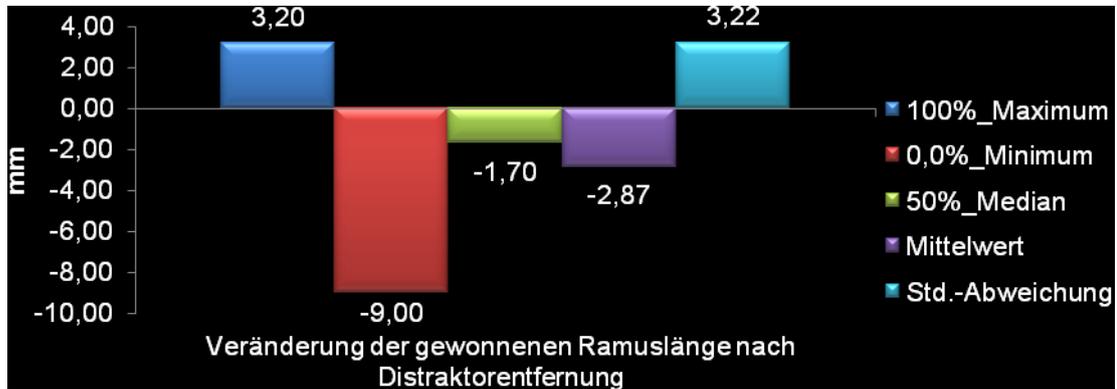


Graphik 3-8: Durch Distraction gewonnene Knochenlänge in Millimeter am linken Ramus.

Die durch Distraction gewonnene Knochenlänge beträgt am linken Ramus zum Zeitpunkt der Distraktorentfernung im Mittel 10,75 Millimeter. Im Maximum

3 Ergebnisse

wurde bei einem Patienten eine Knochenverlängerung von 20,60 Millimeter erreicht. Den geringsten Zuwachs an Knochenlänge durch Distraction wurde bei einem Patienten mit 2,20 Millimeter gemessen. Die ermittelte Standardabweichung beträgt 4,93 Millimeter.



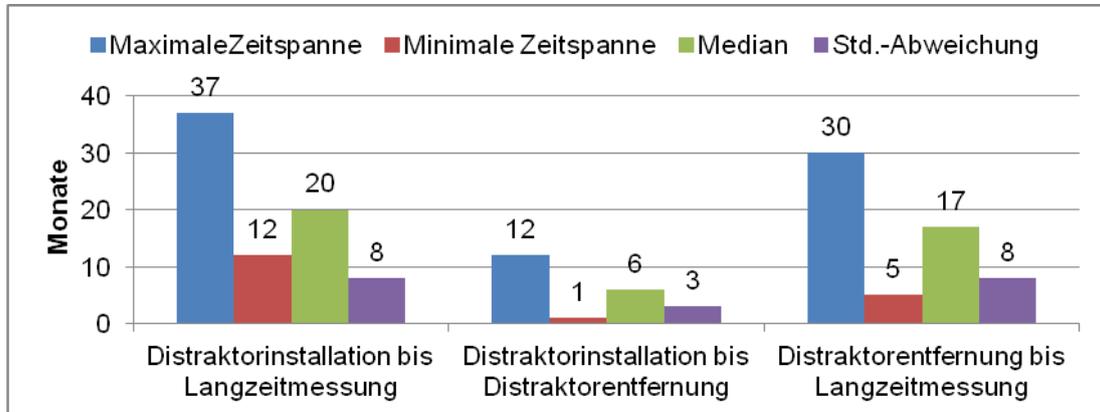
Graphik 3–9: Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des linken Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis.

Bei der Messung für die Bestimmung der Veränderung der Länge des linken Ramus nach Distraction ergibt sich im Mittel ein Verlust an Ramuslänge von 2,87 Millimeter. Im Maximum wurde bei einem Patienten ein zusätzlicher Zuwachs nach Distraktorentfernung von 3,2 Millimeter gemessen.

Der größte Verlust an Länge des distrahierten Ramus wurde bei einem Patienten mit einem Rückgang von 9,0 Millimeter ermittelt.

3.2.3 Bilaterale Distraction ohne Zweitoperation

3.2.3.1 Zeiträume zwischen den Messungen

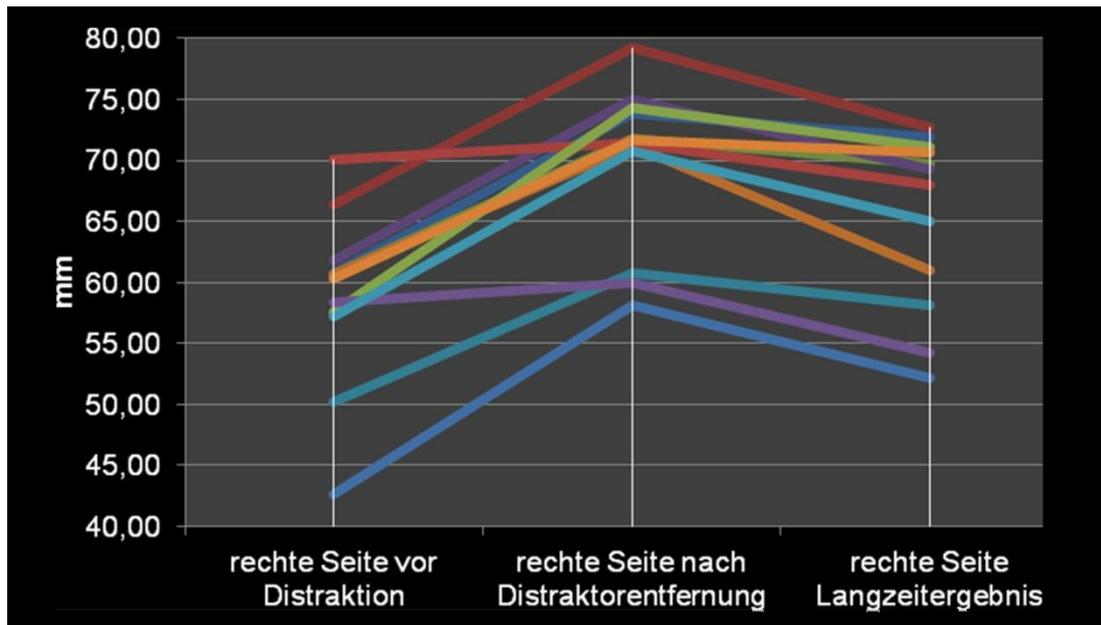


Graphik 3–10: Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung, N=12

Der Median für die Zeitspanne des enoralen Verbleibs des Distraktors betrug bei diesen zwölf Patienten sechs Monate. Im Beobachtungszeitraum von Distraktorentfernung bis zur letzten Messung betrug der Median siebzehn Monate und das Minimum 5,9 Monate.

3.2.3.2 Rechter Ramus ascendens

Übersicht über die Veränderung des rechten Ramus durch Distraction



Graphik 3–11: Länge des rechten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung und im Langzeitergebnis. N=12

In der Gruppe der Patienten mit bilateraler Distraction ohne zusätzlicher Operation zeigte sich eine Veränderung der Ramuslänge im Sinne eines Verlustes der distrahierten Strecke von im Median 4,55 Millimeter am rechten Ramus.



Graphik 3–12: Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis.

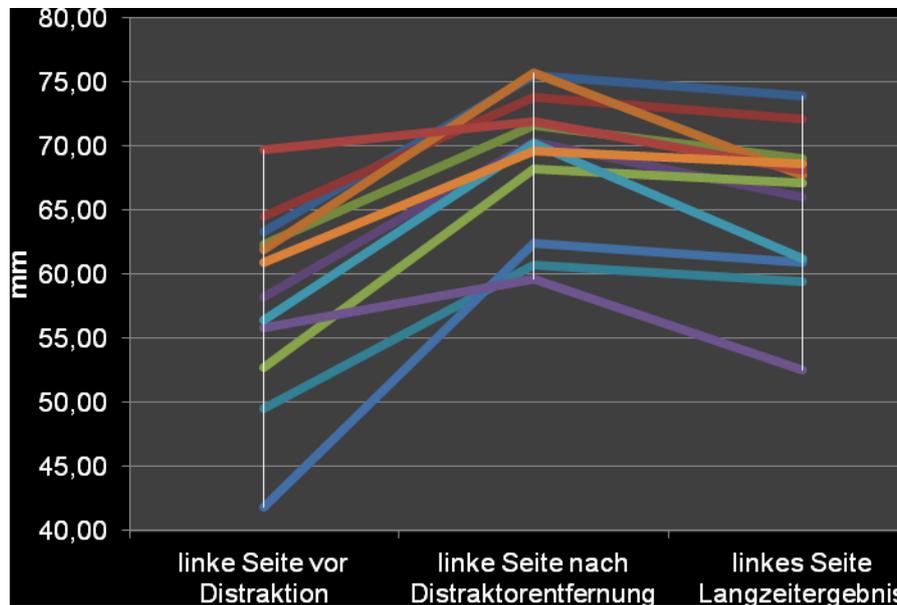
Die Messungen bezüglich der Veränderung der erreichten Ramuslänge nach Distraction und ohne zusätzliche Operation ergaben einen mittleren Verlust der Ramuslänge von 4,52 Millimeter.

Der stärkste Verlust an Ramuslänge wurde mit 10,20 Millimeter, der geringste Verlust bei 1,10 mm gemessen.

Die Standardabweichung betrug 2,59 Millimeter.

3.2.3.3 Linker Ramus ascendens

Übersicht über die Veränderung der Länge des linken Ramus durch Distraction



Graphik 3-13: Länge des linken Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung und im Langzeitergebnis. N=12

In der Gruppe der Patienten mit bilateraler Distraction ohne zusätzlicher Operation zeigte sich eine Veränderung der Ramuslänge im Sinne eines Verlustes der distrahierten Strecke von im Median 2,15 Millimeter am linken Ramus.



Graphik 3-14: Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des linken Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis

Die Messungen zur Veränderung des linken Ramus bei den Patienten ohne Zweitoperation ergaben einen mittleren Verlust an Ramuslänge von 3,58 Millimeter. Der größte Verlust wurde mit 9,0 Millimeter gemessen, der

geringste Verlust betrug 1,0 Millimeter. Die Standardabweichung lag bei 2,90 Millimeter.

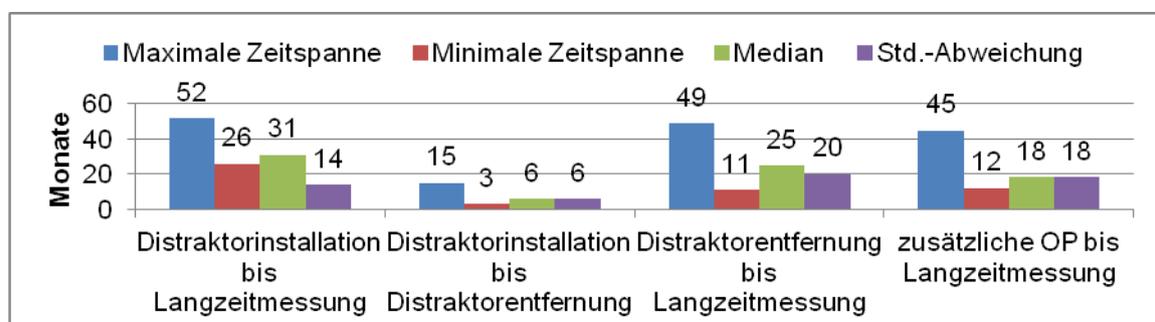
In einem Fall findet sich ein gemessener Verlust des Ramus ascendens im Vergleich zum Zustand vor Distraction von 4,2 Millimeter beziehungsweise 3,3 Millimeter. Bei dieser Patientin wurde initial eine mandibuläre Retrognathie beidseits mit Vogelgesicht und Arthrosis deformans der Kieferköpfchen beidseits diagnostiziert. Nach Gaumennahterweiterung und medianer Unterkieferdistraction folgte die vertikale Unterkieferdistraction beidseits. Distrahiert wurde auf der rechten Seite 18,9 Millimeter und auf der linken Seite 14,4 Millimeter. Zum Zeitpunkt der Distraktorentfernung wurde eine Le Fort I Osteotomie sowie eine Unterkieferspangenvorverlagerung durchgeführt.

Im Fall einer Patientin mit juveniler idiopathischer Arthritis, schwerer hypoplastischer Ausbildung des Unterkiefer beidseits, schwerer rheumatoider Arthritis beider Kiefergelenke und Verkürzung der Kiefergelenke, transversaler Zahnbogendiskrepanz und offenem Biss wurde die Distraktorimplantation zusammen mit einer zweigeteilten Le Fort I Osteotomie durchgeführt.

Distrahiert wurde am rechten Ramus 13,5 Millimeter und am linken Ramus 13,8 Millimeter. Der Verlust an distrahiertem Knochen des Ramus betrug 2 Jahre nach Distraktorentfernung rechtsseitig 5,7 Millimeter und linksseitig 9 Millimeter.

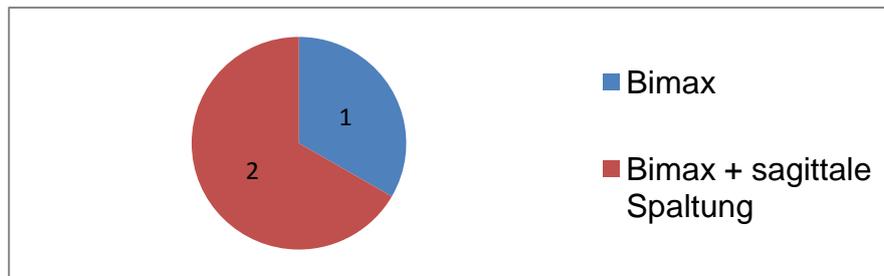
3.2.4 Bilaterale Distraction mit Zweitoperationen

3.2.4.1 Zeiträume zwischen den Messungen



Graphik 3–15: Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, Distraktorentfernung und Langzeitmessung, sowie dem Zeitpunkt einer zusätzlichen Operation und der Langzeitmessung

Bei diesen drei Patienten mit zusätzlichen Operationen beträgt der Median für den enoralen Verbleib des Distraktors sechs Monate, in einem Fall wird der Distraktor bereits nach drei Monaten entfernt. Der Median für die Beobachtungsphase vom Zeitpunkt zusätzlicher Operation bis zur letzten Messung liegt bei achtzehn Monaten und im Minimum bei zwölf Monaten.

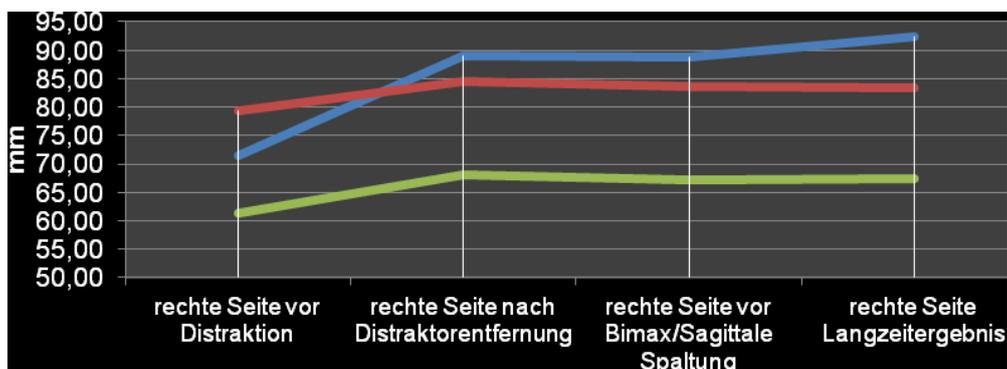


Graphik 3–16: Zusätzlich durchgeführte Operationen nach bilateraler Distraction

Nach bilateraler Distraction schloss sich bei drei der Patienten eine nachfolgende Behandlung im Rahmen einer bimaxillären Umstellungsosteotomie an. Bei zwei dieser Patienten erfolgte zusätzlich eine sagittale Spaltung.

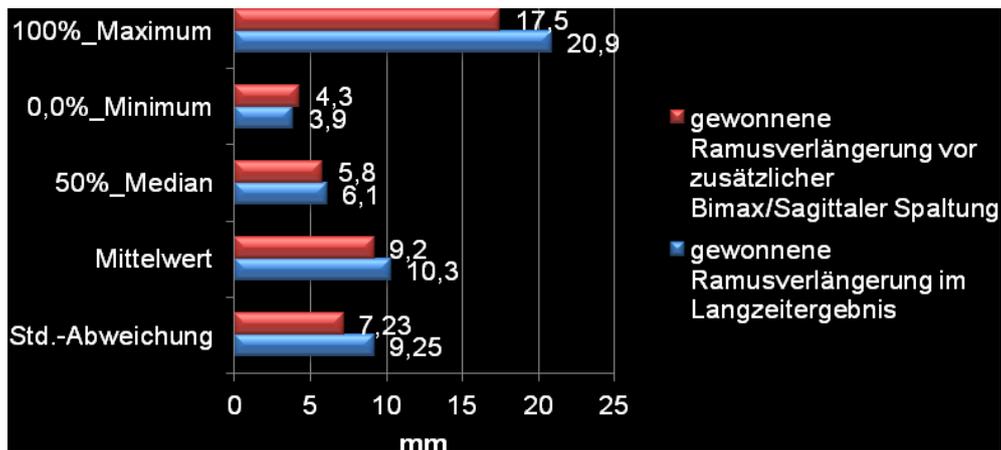
3.2.4.2 Rechter Ramus ascendens

Übersicht über die Veränderung der Länge des rechten Ramus durch Distraction



Graphik 3–17: Länge des rechten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung, vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis (N=3)

Der Median der Messergebnisse des distrahiereten rechten Ramus vor einer zusätzlichen Operation zeigte einen Gewinn an Länge von 5,8 Millimeter, der nach einer zusätzlichen Operation nochmals zunahm, so dass sich ein mittlerer Gesamtzuwachs von 6,1 Millimeter ergab.

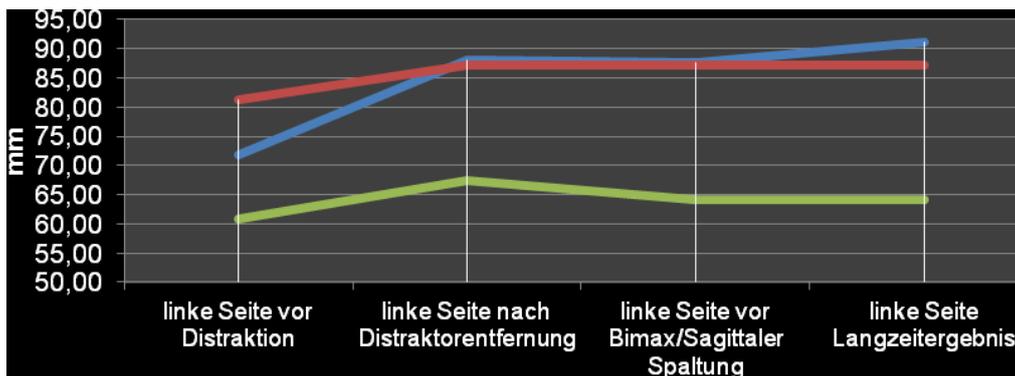


Graphik 3–18: Vergleich der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis.

Die Messungen der Ramuslänge zum Zeitpunkt vor einer zusätzlich durchgeführten Operation ergaben im Mittel eine durch Distraction erworbene Ramusverlängerung von 9,2 Millimeter am rechten Ramus. Die Messergebnisse bezüglich des Gesamtwachses an Ramuslänge zum Zeitpunkt der Langzeitmessung nach einer zusätzlich durchgeführten Operation zeigt im Mittel eine Ramusverlängerung von 10,3 Millimeter am rechten Ramus. Bei der Messung des rechten Ramus eines Patienten ergibt sich ein Rückgang an gewonnener Länge von 4,3 Millimeter neugebildeter Ramuslänge auf 3,9 Millimeter. Der größte Zuwachs an Ramuslänge nach einer zusätzlichen Operation zeigt sich bei in einem Fall mit einem Zuwachs von 17,5 Millimeter auf 20,9 Millimeter nach zusätzlicher Operation.

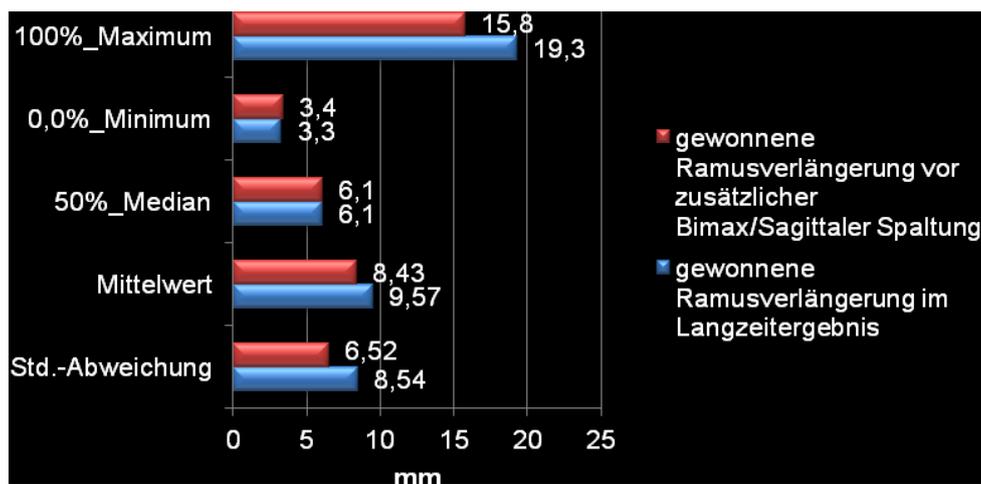
3.2.4.3 Linker Ramus ascendens

Übersicht über die Veränderung der Länge des linken Ramus durch Distraction



Graphik 3–19: Länge des linken Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung, vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis. N=3

Der Median für die Messungen am linken Ramus zeigt eine Zunahme an Ramuslänge von 6,1 Millimeter nach Distraction und bei 6,1 Millimeter konstant bleibend nach zusätzlicher Operation.



Graphik 3–20: Vergleich der gewonnenen Ramuslänge des linken Ramus in Millimeter vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis

Die Messungen der Ramuslänge zum Zeitpunkt vor einer zusätzlich durchgeführten Operation ergaben im Mittel eine durch Distraction erworbene Ramusverlängerung von 8,43 Millimeter am linken Ramus.

Die Messergebnisse bezüglich des Gesamtwachses an Ramuslänge zum Zeitpunkt der Langzeitmessung nach einer zusätzlich durchgeführten Operation zeigt im Mittel eine Ramusverlängerung von 9,57 Millimeter am linken Ramus. Im Minimum ist ein Verlust von 0,1 Millimeter Ramuslänge nach zusätzlicher

Operation zu verzeichnen. Im Maximum wurde eine Zunahme an Ramuslänge nach zusätzlicher Operation von 2,5 Millimeter gemessen.

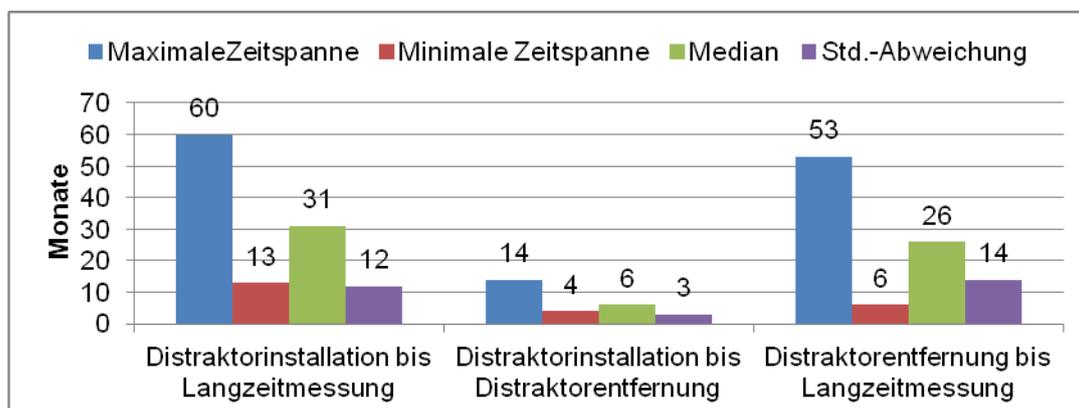
Auffällig stellte sich bei bilateraler Distraction mit zusätzlicher Operation ein Fall dar:

In diesem Fall wurde bei einem Patienten mit mandibulärer Retrognathie und Vogelgesicht beidseits der Ramus um 6,7 Millimeter distrahiert. Nach der Distraktorentfernung im Abstand von sechs Monaten nach Implantation folgten im Abstand von weiteren acht Monaten eine zweigeteilte Umstellungsosteotomie, sowie eine sagittale Kieferwinkelspaltung. Die rechte Seite blieb stabil mit einem Rückgang an Ramuslänge von 0,6 Millimeter, auf der linken Seite betrug der Verlust an Ramuslänge im Langzeitergebnis 3,4 Millimeter. Zum Zeitpunkt der Messung des Langzeitergebnisses zeigte sich eine deutliche Arthrosis deformans beider Kiefergelenke.

3.3 Unilaterale Distraction

3.3.1 Unilaterale Distraction, gesamtes Patientenkollektiv

3.3.1.1 Zeiträume zwischen den Messungen



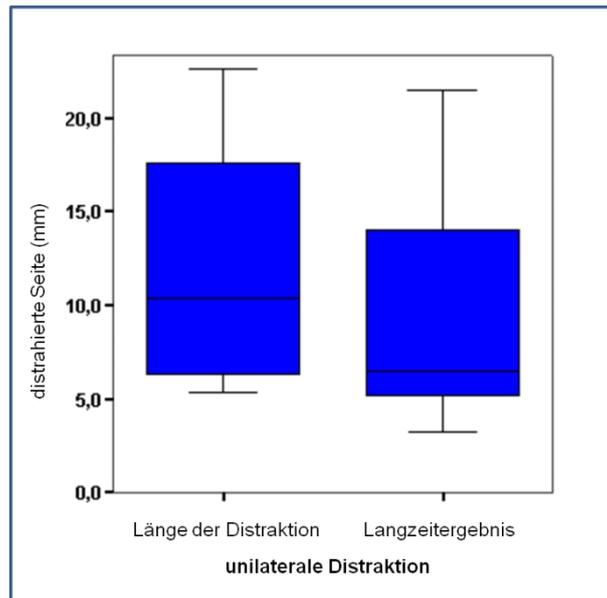
Graphik 3–21: Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung. N=11

Der Median für die Gesamtlänge der Beobachtung lag bei den Patienten unilateraler Distraction bei einunddreißig Monaten. Der enorale Verbleib des Distraktors betrug bei den elf Patienten mit unilateraler Distraction im Median sechs Monate, wobei der kürzeste Verbleib drei Monate und der längste Verbleib

vierzehn Monate betrug. Der nachfolgende Beobachtungszeitraum bis zur letzten Messung umfasste im Median sechsundzwanzig Monate.

3.3.1.2 Distrahierter Ramus ascendens

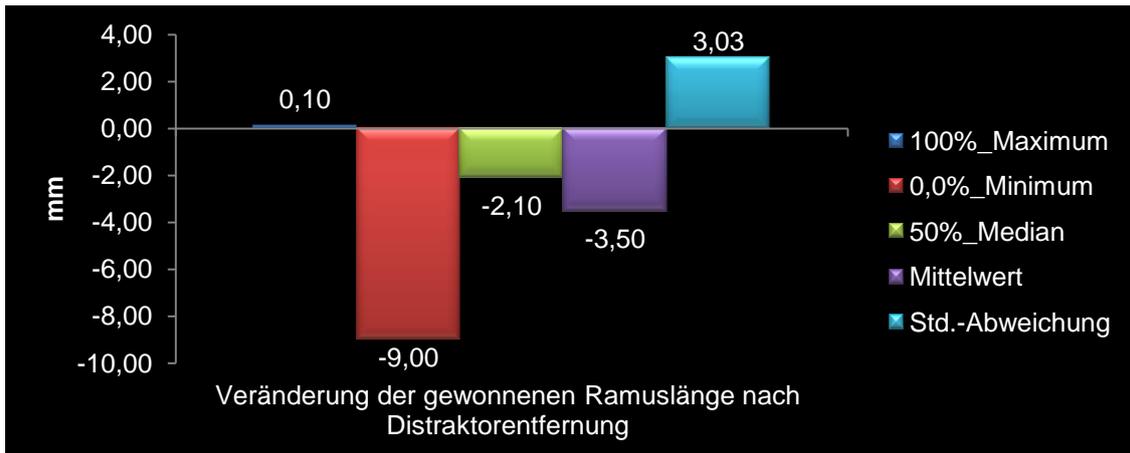
Überblick über die Länge der Distractionen und des Langzeitergebnisses



Graphik 3–22: Veränderung der Länge des Ramus – unilaterale Distraction
Darstellung des Median mittels schwarzem Balken im blauen Feld

In der Gruppe der Patienten mit unilateraler Distraction, mit einer Gesamtzahl von elf Patienten, liegt der Median der Distractionstrecke des rechten Ramus ascendens bei 10,8 Millimeter. Zum Zeitpunkt der letzten Messung konnte für den Gewinn der Ramuslänge im Vergleich zur Messung vor Distraction am rechten Ramus ein Median von 6,3 Millimeter gemessen werden, sowie ein Median für den Verlust an Ramuslänge nach Distraction von 2,1 Millimeter.

Im Maximum wurde eine Zunahme von 22,60 Millimeter gemessen. Die geringste Längenzunahme des Ramus lag bei 5,30 Millimeter. Die Standardabweichung betrug 6,17 Millimeter

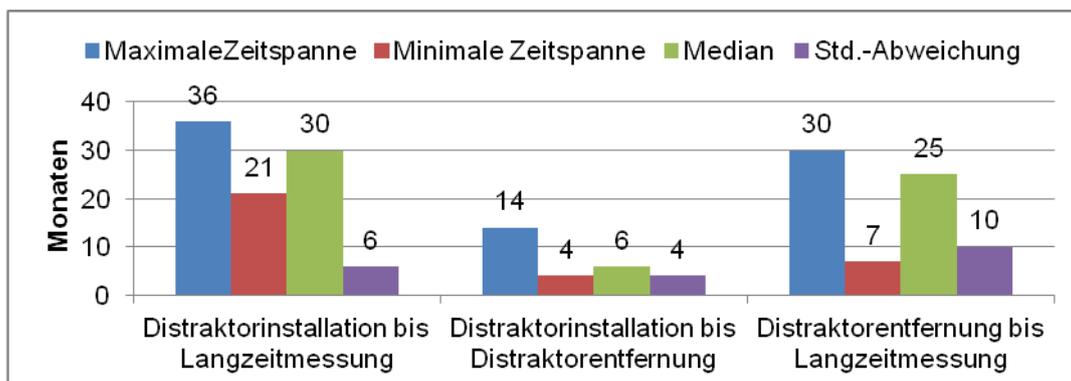


Graphik 3–23: Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des distrahierten Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis

Die Langzeitmessung zeigte im Mittel nach Distraktorentfernung einen Längenverlust von 3,50 Millimeter am distrahierten Ramus. In einem Fall wurde ein Zuwachs von 0,1 Millimeter nach Distraktorentfernung gemessen. Der größte Rückgang an durch Distraction erworbener Ramuslänge lag bei 9,0 Millimeter. Die Standardabweichung lag bei 3,03 Millimeter.

3.3.2 Unilaterale Distraction ohne Zweitoperation

3.3.2.1 Zeiträume zwischen den Messungen



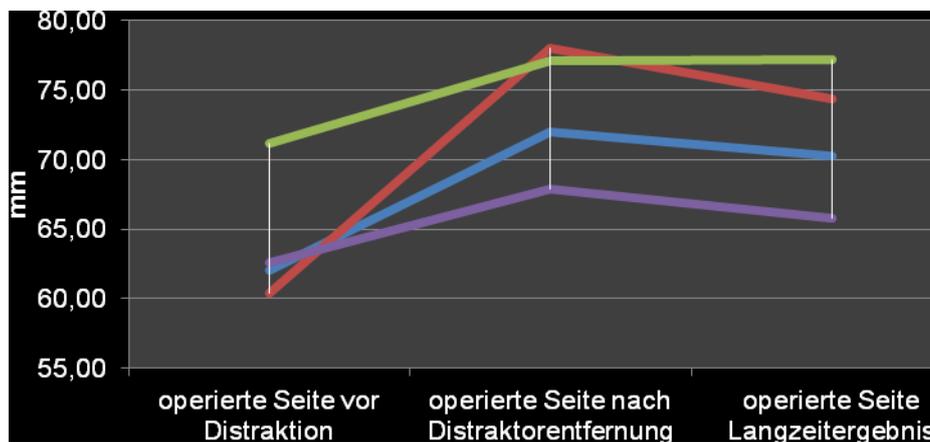
Graphik 3–24: Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung. N=4

Der Median für die Zeitspanne des enoralen Verbleibs des Distraktors betrug sechs Monate bei den vier unilateralen Distractionen ohne Zweitoperation und das Minimum vier Monate. Der Median für den Zeitraum von Distraktor-

entfernung bis letzter Messung betrug fünfundzwanzig Monate, wobei das Minimum für diesen Zeitraum sieben Monate betrug.

3.3.2.2 Distrahierter Ramus ascendens

Übersicht über die Veränderung der Länge des Ramus durch Distraction



Graphik 3–25: Länge des distrahiereten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung und im Langzeitergebnis. N=4

Der Median für die Messungen am distrahiereten Ramus zeigt eine Zunahme an Ramuslänge durch Distraction von 7,95 Millimeter, welche sich im Langzeitergebnis auf 7,15 Millimeter verringerte.

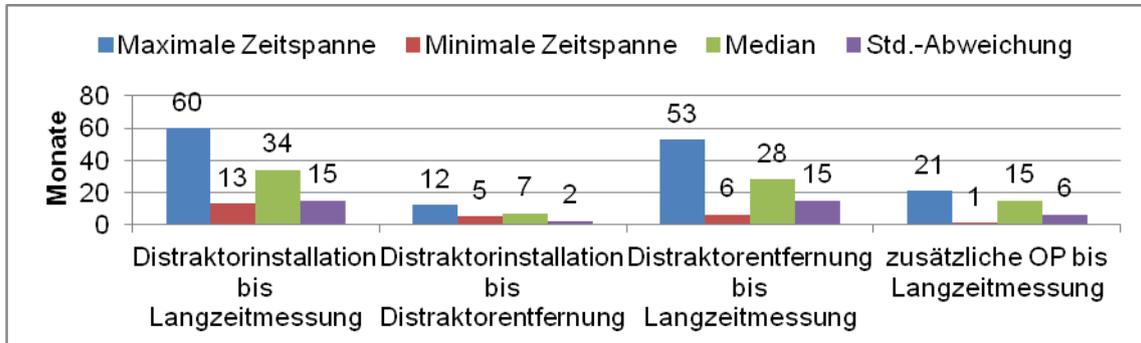


Graphik 3–26: Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des distrahiereten Ramus im Langzeitergebnis

Die nach Distraktorentfernung im Langzeitergebnis gemessene Veränderung der Ramuslänge zeigte im Mittel einen Verlust von 1,83 Millimeter. In einem Fall wurde eine weitere Zunahme an Ramuslänge nach Distraction von 0,1 Millimeter gemessen. Der größte Rückgang nach Distraktorentfernung lag bei 3,60 Millimeter. Die Standardabweichung wurde mit 1,52 Millimeter angegeben.

3.3.3 Unilaterale Distraction mit Zweitoperation

3.3.3.1 Zeiträume zwischen den Messungen

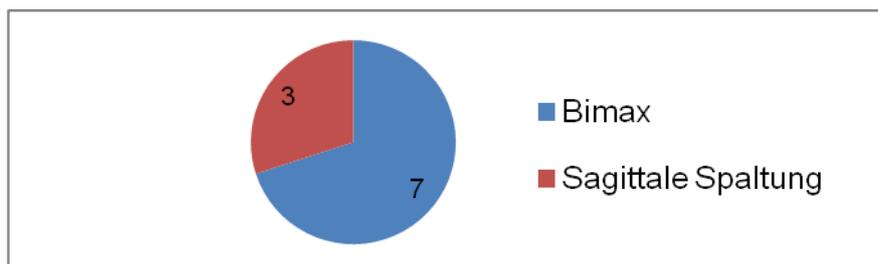


Graphik 3–27: Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, Distraktorentfernung und Langzeitmessung, sowie dem Zeitpunkt einer zusätzlichen Operation und der Langzeitmessung. N=7

Für die Dauer des enoralen Verbleibs des Distraktors bei den sieben Fällen unilateraler Distraction mit anschließenden Zweitoperationen wurde ein Median von sieben Monaten ermittelt und ein Median für die Dauer bis zu einer sich anschließenden Zweitoperation von weiteren acht Monaten. Die letzte Messung wurde im Median fünfzehn Monate nach zusätzlicher Operation durchgeführt.

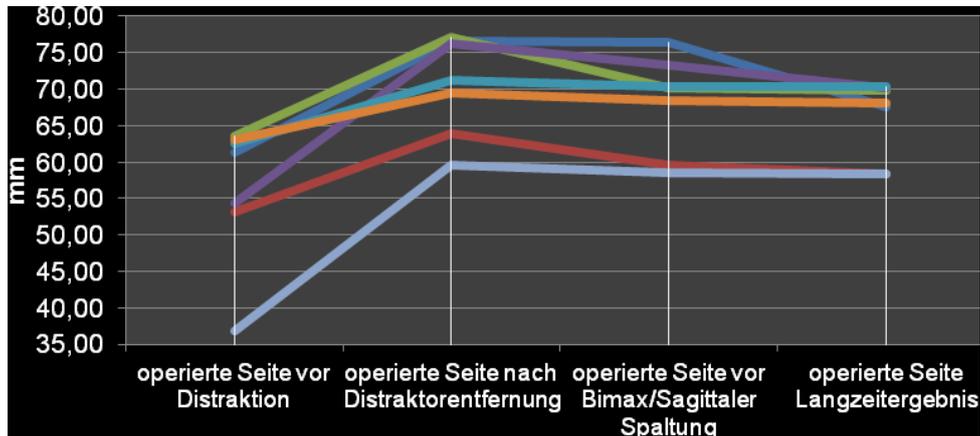
3.3.3.2 Distrahierter Ramus ascendens

Übersicht über die zusätzlich durchgeführten Operationen nach unilateraler Distraction.



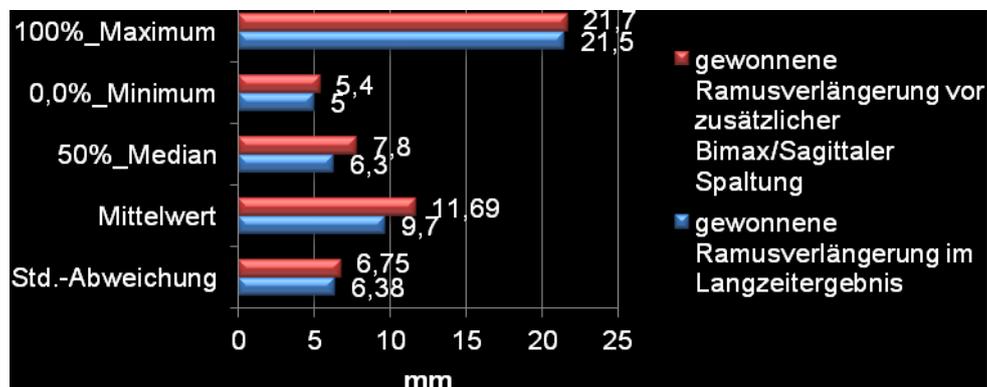
Graphik 3–28: Zusätzlich durchgeführte Operationen bei unilateraler Distraction

Übersicht über die Veränderung des distrahierten Ramus



Graphik 3-29: Länge des distrahierten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung, vor zusätzlicher Operation, sowie im Langzeitergebnis. N=7

Bei den Fällen unilateraler Distraction mit zusätzlicher Operation bestand im Mittel ein Verlust an zuvor distrahierten Ramuslänge zum Zeitpunkt der Messung vor zusätzlicher Operation von 2,91 Millimeter. Nach Durchführung einer zusätzlichen bimaxillären Umstellungsosteotomie oder sagittalen Spaltung wurde ein mittlerer Verlust von 1,99 Millimeter beobachtet.



Graphik 3-30: Vergleich der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis

Die Messungen für die Bestimmung der Veränderung der gewonnenen Ramuslänge vor und nach zusätzlicher Operation ergaben im Median einen Unterschied von 7,8 Millimeter Ramuslänge vor zusätzlicher Operation und 6,3 Millimeter nach zusätzlicher Operation. Der größte Zuwachs an Ramuslänge vor zusätzlicher Operation wurde mit 21,7 Millimeter gemessen und maß nach zusätzlicher Operation 21,5 Millimeter. Der geringste Zuwachs an Ramus-

länge vor zusätzlicher Operation lag bei 5,4 Millimeter und wurde im Langzeitergebnis nach zusätzlicher Operation mit 5,0 Millimeter gemessen.

Ein Längenverlust von 9,0 Millimeter ergab sich bei einer Patientin mit Bissanomalie der Angle Klasse II und verkürztem aufsteigendem Unterkieferast rechts. Der verkürzte Unterkieferast wurde um 15,3 Millimeter distrahiert.

Um die Gesichtsasymmetrie weiter auszugleichen wurde zwei Monate nach Distraktorentfernung eine dreigeteilte Le Fort I Osteotomie sowie eine sagittale Kieferwinkelspaltung zur Einstellung der neutralen Okklusion durchgeführt. Desweiteren wurde eine Beckenspanentnahme zur Überbrückung der knöchernen Distanzen im Oberkiefer beidseits, im aufsteigenden Unterkieferast rechts und im horizontalen Unterkieferast rechts durchgeführt.

Ein gutes Endergebnis trotz starkem Rückgang an distrahierter Ramuslänge zeigt sich bei einer Patientin mit hemifazialer Mikrosomie links und Dysgnathie der Angle Klasse III, deren rechter Ramus um 13,6 Millimeter distrahiert wurde. Einen Monat nach Distraktorimplantation wurde ein Distraktorbruch diagnostiziert und dieser ausgetauscht. Nach einem signifikanten Rückgang an Ramuslänge innerhalb sieben Monate wurde eine bimaxilläre Umstellungsosteotomie durchgeführt und die distrahierte Strecke stabilisiert, so dass der Verlust an Ramuslänge bei 7,3 Millimeter konstant blieb.

3.4 Komplikationen in direktem Bezug zur Methode

Neupositionierung

In drei Fällen wurde eine Neupositionierung des Distraktors durchgeführt.

Distraktorbruch

Eine der Patientinnen stellte sich mit Rezidiv im Unterkiefer nach auswärtig durchgeführter bimaxillären Umstellungsosteotomie vor.

Vier Monate nach Distraktorimplantation und Distraction des Ramus ascendens um 12,8 Millimeter rechts und 9,3 Millimeter links kam es zu einem beidseitigen Distraktorbruch und nachfolgend zur Reosteosynthese beidseits.

Bei einem deutlich verlängerten enoralen Verbleib der Distraktoren von 17 Monaten nach Reosteosynthese zeigte sich ein Verlust an Distractionlänge von rechtsseitig 6,5 Millimeter nach einer Distraction von 12,8 Millimeter.

Die Distraktionslänge am linken Ramus blieb stabil bei einem Verlust von 1,7 Millimeter nach Distraktorentfernung. Bei einer weiteren Patientin mit unilateraler Distraction kam es einen Monat nach Distraktorimplantation zu einem Distraktorbruch, es erfolgte die Reosteosynthese. Insgesamt wurde eine Distraktionslänge von 13,6 Millimeter erreicht, welche nach zusätzlicher bimaxillärer Operation im Langzeitergebnis bei 6,3 Millimeter stabil blieb.

Abszess, Fistelbildung

Insgesamt traten bei zwei Patienten Infektionen im Zusammenhang mit der Distraction auf.

Diese entwickelten sich in einem Fall im postoperativen Verlauf nach Distraktorneupositionierung im Rahmen einer Fraktur des Processus muscularis. Im zweiten Fall entwickelte sich drei Monate nach Distraktorimplantation und nach Distraction von 15,5 Millimeter am rechten Ramus sowie 20,6 Millimeter am linken Ramus ein perimandibulärer Abszess links, sowie im Verlauf bis zur Distraktorentfernung sieben Monate nach Implantation, eine Pseudarthrose im Distractionsspalt. Am rechten Ramus war ein Verlust an distrahierter Ramuslänge von 6 Millimeter und am linken von 1,5 Millimeter zu messen.

Frühe Distraktorentfernung

Eine frühe Entfernung des Distraktors musste in drei Fällen vorgenommen werden. Im Fall einer Patientin mit einer Bissanomalie der Angle Klasse II, mandibulärer Retrognathie, sowie einem Zustand nach Gaumennahterweiterung kam es einen Monat nach Einbringung der Distraktoren zu einer Mittellinienverlagerung.

Hierauf folgte die Entfernung der Distraktoren einen Monat nach Distraktorimplantation, wobei sich intraoperativ im Distractionsspalt von rechts 13,2 Millimeter und links 12,1 Millimeter ein weicher, den Distractionsspalt vollständig ausfüllender Kallus feststellen ließ.

Im Langzeitergebnis fand sich ein Verlust an Distraktionslänge von rechts 5,7 Millimeter und links 4,3 Millimeter.

Einen nahezu vollständigen Rückgang der distrahierten Strecke zeigte das Ergebnis der Messungen bei einer Patientin mit mandibulärer Retrognathie,

Oberkiefertiefstand, Verdacht auf Kiefergelenksarthrose beidseits sowie Hyperaktivität der suprahyoidalen Muskulatur. Nach Distraction von 10,5 Millimeter am rechten Ramus und 13,8 Millimeter am linken Ramus erfolgte die Entfernung der Distraktoren bereits nach 38 Tagen. Nach 18 Monaten wurde ein Defizit an Distractionslänge von 10,2 Millimeter am rechten Ramus und 8 Millimeter am linken Ramus gemessen.

Aufgrund einer schmerzbedingten hohen psychischen Belastung während Distraction konnte lediglich eine Ramusverlängerung von 1,3 Millimeter rechts beziehungsweise 2,2 Millimeter links im Fall einer Patientin mit mandibulärer Retrognathie bei Arthrosis deformans beidseits durchgeführt werden. Die sofortige Distraktorentfernung, trotz noch nicht abgeschlossener Knochenfestigung einen Monat nach Implantation wurde nötig.

4 Diskussion

Die Behandlung von Kieferfehlstellungen ist immer verbunden mit hohen Erwartungen des Patienten bezüglich eines funktionell sowie ästhetisch bestmöglichen Endergebnisses. Ziel der Behandlung mittels Unterkieferdistraktion ist der vollständige Erhalt, beziehungsweise die Wiederherstellung der Funktion des Unterkiefers sowie die Herstellung einer symmetrischen Gesichtsform.

Untersucht wird in der vorliegenden Arbeit die Methode der enoralen vertikalen Distraktion des aufsteigenden Unterkieferastes bei sechsundzwanzig erwachsenen Patienten. Diese wurden während eines Zeitraums von 8 Jahren in der Abteilung für Mund-, Kiefer-Gesichtschirurgie des Marienhospitals Stuttgart behandelt. Ziel dieser retrospektiven Untersuchung war die Auswertung der Langzeitergebnisse bezüglich der Stabilität des distrahierten Ramus ascendens der Mandibula. Hierbei wurde untersucht, ob die postoperative Retentionszeit von sechs Monaten eine adäquate Zeitspanne ist, um die durch Distraktion erreichte Verlängerung des aufsteigenden Unterkieferastes beizubehalten.

Desweiteren untersucht wurde die Frage, ob es einen Unterschied in der Längenkonstanz und somit der knöchernen Stabilität nach unilateraler beziehungsweise bilateraler vertikaler Unterkieferdistraktion gab.

Abschließend wurde in dieser retrospektiven Untersuchung der Einfluss einer nachfolgenden Osteotomie zur erneuten Unterkiefervorverlagerung auf die Stabilität des durch Distraktion erreichten Ergebnisses betrachtet.

4.1 Langzeitstabilität bei sechsmonatiger Retentionsphase

Einfluss auf die Stabilität des neugebildeten Knochens nehmen verschiedene Faktoren, welche hier nacheinander diskutiert werden.

4.1.1 Diskussion des Materials und der Methode

Auswahl der Patienten

Der Patientenkreis, welcher von einer vertikalen Distraktion des Ramus mandibularis profitiert, besteht vorrangig aus Patienten mit hemifazialer Mikrosomie, Treacher Collins Syndrom, Stickler's Syndrom, Pierre Robin-Sequenz und erheblicher Reduktion der hinteren Gesichtshöhe. Auch eine Schlafapnoe

aufgrund schwerer mandibulärer Fehlbildungen (Rachmiel, Aizenbud, Pillar, Srouji, & Peled, 2005; K. Wangerin, Gropp, H., 1994) stellt eine Operationsindikation dar. Hinzu kommt eine große Anzahl von Patienten, bei denen eine herkömmliche Osteotomie im Langzeitergebnis nicht stabil wäre. Dies ist häufig bei Ramusverlängerung über sieben Millimeter oder bei technischen Schwierigkeiten, wie sie sich bei einem schmalen Ramus ergeben, der Fall (Gonzalez, Egbert, Guerrero, & Van Sickels, 2008). Eine relative Indikation findet sich bei Patienten mit Kiefergelenksbeschwerden. In diesen Fällen wird durch eine langsame Verlängerung des Unterkiefers die auf die Gelenke wirkende, durch verstärkten Muskelzug provozierte, Kraft verringert (de Zee et al., 2009). Die Operationsindikation der Patienten dieser Untersuchung ergab sich aus den Diagnosen der hemifazialen Mikrosomie, Dysgnathie der Angle Klasse II mit schwerer mandibulärer Retrognathie, Gesichtasymmetrie, verkürztem Unterkieferast nach Collum-Fraktur, Goldenhar-Syndrom und Vogelgesicht. Begleiterkrankungen wie beispielweise eine Osteoporose können die Behandlung erschweren und für ein suboptimales Ergebnis verantwortlich sein. An der Erstellung von Ein- und Ausschlusskriterien des zu behandelnden Patientenkollektivs wird gearbeitet, um die Patienten der für sie optimalen Operationsmethode zuzuführen (Mofid et al., 2001).

Patientenalter:

Die in dieser Untersuchung eingeschlossenen Patienten waren zum Zeitpunkt des Distraktionsbeginns mindestens 16 Jahre alt.

Dieses Mindestalter lässt erwarten, dass das Knochenwachstum zum Zeitpunkt des Behandlungsendes, einschließlich der zusätzlich korrigierenden Operationen, abgeschlossen ist, da bei Mädchen ab einem Alter von 15 Jahren und bei Jungen ab 17 bis 18 Jahren von einem zu 98% abgeschlossenem Gesichtswachstum ausgegangen werden kann (Wolford, Karras, & Mehra, 2001). Ein Einfluss des begleitenden Knochenwachstums und der daraus resultierenden Veränderungen sowohl auf der distrahierten als auch auf der nicht distrahierten Seite ist somit, im Unterschied zu vorangehenden Studien mit Patientengruppen im Kindesalter nicht gegeben (Gonzalez et al., 2008). Der größte Teil der bis zu diesem Zeitpunkt veröffentlichten Literatur beinhaltet Studien der

vertikalen Distraction bei Kindern. Dies lässt einen direkten Vergleich der Langzeitergebnisse nur bedingt zu, da die Instabilität des elongierten Knochens bei Kindern zum großen Teil durch weiteres Wachstum und dadurch möglicherweise entstehende Fehlokklusion bedingt ist. Beispielhaft erwähnt sei hier das Ergebnis von Meazzini et al. (Meazzini, Mazzoleni, Gabriele, & Bozzetti, 2005). Diese Studie beschreibt einen Verlust an Ramuslänge fünf Jahre nach unilateraler Distraction von durchschnittlich 77% bei einem Durchschnittsalter von 5,6 Jahren bezogen auf eine Gruppe von 8 Kindern, allerdings wurde hier lediglich ein Zeitraum der Konsolidierungsphase von doppelter Distractionsdauer angegeben.

Distraction mittels enoralen Distraktor

Die optimale Beschaffenheit des Distraktors ist Voraussetzung für eine gleichmäßige und stabile Knochenneubildung (Ilizarov, 1989 (II)), wobei sich der Umbau des Knochens unter Belastung über einen Zeitraum von 1-2 Jahren erstreckt (Kessler, 2002).

Durch die langsame Dehnung des umliegenden Weichgewebes ist die Gefahr des Rezidivs durch erhöhten Muskelzug, wie dies bei Knochenverlängerungen durch Knochenspan oder Osteotomien der Fall wäre, enorm verringert (Cope, Samchukov, & Cherkashin, 1999; Longaker & Siebert, 1996; Vargervik, Ousterhout, & Farias, 1986). Auch ist die kontinuierliche Versorgung des Knochens durch eine uneingeschränkte Blutzirkulation im Vergleich zu herkömmlichen Ramusosteotomien (Bell & Kennedy, 1976) gegeben. An den Distraktor besteht zum einen die Anforderung, dass selbst starke Krafteinwirkung wie zum Beispiel der Zug des Musculus masseter beim Kauen die Stabilität des neugebildeten Knochens nicht gefährdet (Natu et al., 2014), zum anderen darf das Material durch das permanent feuchte Milieu im Mundbereich nicht brüchig werden.

Da die Anfertigung des Distraktors aus reinem Titan erfolgt, ist durch dessen Eigenschaft, leicht, fest, dehnbar, korrosions- und temperaturbeständig zu sein die Bruchgefahr sehr gering. Desweiteren besteht dieser Distraktor aus lediglich zwei geschlossenen Titanteilen. Somit können Sollbruchstellen, welche durch Schweißstellen entstehen ausgeschlossen werden und eine größere Stabilität

gewährleistet werden. Dies macht eine individuelle intraoperative Anpassung an den Patienten unbedenklich möglich. Der Vorteil der Behandlung mittels enoralen Distraktor besteht im Vergleich zu der Methoden der extraoralen Distraction vor allem in der Verhinderung der Entstehung von zum Teil entstellendem Narbengewebe im Wangenbereich, sowie von durch Haltungsschrauben hervorgerufenen Infektionen und der Vermeidung von Gesichtsnervenläsionen. Es ist eine Methode, die gegenüber der extraoralen Distraction bei den Patienten auf hohe Akzeptanz stößt und die eine potentielle starke psychische Belastung, vor allem durch sozialen Rückzug und gesellschaftlichen Ausschluss durch das Tragen eines extraoralen Distraktors aufhebt (Rachmiel, Aizenbud, Eleftheriou, Peled, & Laufer, 2000). (Guerrero, Bell, & Meza, 1999; Hurmerinta, Peltomaki, & Hukki, 2004).

Neue Distractionstechniken werden derzeit weltweit erforscht und angewandt. Der Schwerpunkt dieser Entwicklung liegt in einer Minimierung der erforderlichen Eingriffe, die beispielsweise durch die Verwendung eines dreidirektionalen Distraktors erreicht werden kann (Cope et al., 1999; Gonzalez et al., 2008). Durch die Anwendung eines enoralen kurvenförmigen Distraktors, welcher 1999 durch Seldin et al. (Seldin, Troulis, & Kaban, 1999) und im Verlauf von Schendel et al (Schendel & Linck, 2004) und Miller et al (Miller, Kahn, Lorenz, & Schendel, 2007) beschrieben wird, ist eine gleichzeitige Bewegung sowohl in der vertikalen wie auch in der sagittalen Ebene möglich. Die präoperative Optimierung dieser Verfahren wird unter anderem durch die Entwicklung drei-dimensionaler Computersimulationen erreicht (Bastidas & Bartlett, 2012).

Trotz der sehr guten Ergebnisse der psychisch wenig belastenden Methode lässt sich eine Begrenzung der weiteren Optimierung der Methode erkennen, da das beschränkte enorale Platzangebot die Anwendung von multidirektionalen Distraktoren erschwert. Bis dato gibt es zahlreiche Studien, die sich mit der Wiederherstellung von Knochen durch Kontakt von Osteoblasten zu biobeschichteten Oberflächen beschäftigen. Meyer et al. fassten diese Arbeiten zusammen und kamen zu dem Ergebnis, dass es bei vielen der in vivo und in vitro durchgeführten Experimenten Limitierungen in der Interpretation gibt, so

dass bis zur Anwendung am Menschen zusätzliche Grundlagenforschungen notwendig sein werden (Meyer, Buchter, Wiesmann, Joos, & Jones, 2005). Andere zukunftsweisende Möglichkeiten der stabilen Knochenverlängerung könnten in der Behandlung mit Wachstumsfaktoren und Cytokinen zu finden sein (Cope et al., 1999). 2012 veröffentlichten Naudi et al. eine Studie zur Gewinnung von Knochen durch Anwendung von beta-Tricalcium Phosphat (β -TCP)-Gerüsten und gentechnisch hergestellten Proteinen, den bone morphogenetic proteins (rhBMP7) an neun Hasen (Busuttill Naudi et al., 2012). Sie zeigten, dass die Anwendung von rhBMP7 in einem präpariertem Gerüst von β -TCP eventuell eine erfolgsversprechende Möglichkeit ist, um stärker als durch den alleinigen Einsatz von beta-Tricalcium Phosphat ortsständig eine Neubildung von Knochen ohne allogener Knochentransplantation oder Distraction herbeizuführen.

Trotz genauester präoperativer Bestimmung des Distractionsvektors, dessen Bedeutung auch Kofod in seiner Studie über 27 Kinder, bei denen eine unilaterale Unterkieferdistraction erfolgte herausgearbeitet hat (Kofod, Norholt, Pedersen, & Jensen, 2005), kann eine Neupositionierung des Distraktors nötig werden. Die Gründe für die drei Neupositionierungen in dieser Untersuchung waren Schraubenlockerung, unzureichende Positionierung und Fraktur des Processus muscularis.

Zu einem Bruch des Distraktors kam es bei zwei Patienten dieser Untersuchung. Bei einer Patientin nach unilateraler Distraction brach einen Monat nach Distraktorimplantation der bewegliche Imbusschlüssel vom Distraktor, im Fall eines Patienten nach bilateraler Distraktor musste vier Monate nach Distraktorimplantation eine Fraktur der kaudalen Miniplatte festgestellt werden. Es erfolgte in beiden Fällen eine Distraktorexplantation sowie eine Reosteosynthese. Mofid et al. geben in ihrer Studie einen Hardwarefehler bei 4,5% der Fälle an, allerdings ohne Angabe, ob es sich um einen intraoralen Distraktor handelte.

Durch anhaltende Patientenschulung zur Mundhygiene, der physiologisch guten Wundheilung im Bereich der Mundschleimhaut und der perioperativen Antibiotikagabe stellte sich die Zahl der postoperativen Infektionen im Vergleich zur

extraoralen Distraction, bei der bedingt durch extraorale Pins eine kontinuierliche Eintrittspforte für Keime besteht, als minimal dar. Insgesamt entstanden bei zwei Patienten Infektionen im Zusammenhang mit der Distraction, welche in einem Fall zu einer Distraktorentfernung bereits nach zwei Monaten führte.

Wie bereits durch Block et al. beschrieben ist die intraorale Distractionsosteogenese ein Verfahren, welches durch die Möglichkeit der direkten intraoperativen Detektion des Nervus alveolaris diesen und somit die sensible Innervation sowohl der Zähne des Unterkiefers als auch der Haut an Kinn und Unterlippe schont (Block, Daire, Stover, & Matthews, 1993). Bei keinem der Patienten dieser Untersuchung musste postoperativ eine Sensibilitäts-einschränkung beziehungsweise Schmerzsymptomatik in diesem Gebiet festgestellt werden. Eine schmerzbedingte Komplikation wurde in der vorliegenden Untersuchung lediglich bei einer Patientin festgestellt. Sie gab während der Distraction am Ramus eine schmerzbedingt hohe psychische Belastung an, welche die sofortige Distraktorentfernung, trotz noch nicht abgeschlossener Knochenfestigung einen Monat nach Implantation nötig machte. Im Verlauf nach Distraktorentfernung musste ein fast vollständiges Rezidiv festgestellt werden.

Das Distractionprotokoll

Grundlage des Distractionprotokolls dieser Untersuchung sind die von Ilizarov beschriebenen Prinzipien, welche durch fortlaufende Erfahrung modifiziert wurden. Er beschrieb eine Latenzphase von 5-7 Tagen, eine Distractionrate von nicht mehr als 1 mm pro Tag, gefolgt von einer radiologisch und klinisch kontrollierten Stabilisierungsphase (Ilizarov, 1989 (II)).

Die Latenzphase

Die Einhaltung einer Latenzphase und ihre Bedeutung bezüglich der Stabilität für den neugebildeten Knochen, wie sie in der vorliegenden Untersuchung mit vier Tagen durchgängig eingehalten wurde, wird in der Literatur diskutiert. Califano et al. gaben unter Berücksichtigung von radiologischer und histologischer Evaluation eine Latenzphase von zwölf Stunden als ausreichend an,

allerdings ohne Angaben bezüglich der Langzeitstabilität (Califano, Cortese, Zupi, & Tajana, 1994).

Im Tierexperiment an Schweinen zeigten Troulis et al. 2000, dass die radiologische Dichte des Knochens mit oder ohne einer Latenzphase von vier Tagen keinen Unterschied erkennen ließ (Troulis, Glowacki, Perrott, & Kaban, 2000). Bestätigt wurde dies durch die Studie von Glowacki et al. 2004 (Glowacki et al., 2004). Die Untersuchung von Mofid et al. ergab an 3278 Fällen keinen Unterschied bezüglich der Einhaltung der Latenzphase auf die Stabilität des Knochens (Mofid et al., 2001).

Die Distraktionsphase

Sehr geringe Zugbelastung (2%-8% equibiaxial) am Gewebe begünstigt die Bildung von Knochen. Sie wirkt antiinflammatorisch und hat eine inhibierende Wirkung auf proinflammatorische Genexpression wie z.B. Interleukin-1 β und COX-2. Hingegen induziert eine hohe Zugbelastung am Gewebe (15% equibiaxial) eine proinflammatorische Genexpression, wodurch sofort eine Hochregulierung von COX-2 mRNA Expression und PGE2 Synthese die Resorption von Knochen fördert (Gang, 2004; Natu et al., 2014). Histologische Untersuchungen an Hasen ergaben eine deutlich fortgeschrittene Knochenformation bei Tieren die, durch einen kontinuierlichen Zug (bei einer achtmaligen Distraktionsrate pro Minute) behandelt wurden. Es zeigte sich gegenüber der Untersuchungsgruppe mit kontinuierlich einmaliger Distraktion pro Tag eine vermehrte mikrovaskuläre Dichte bei einer hochregulierten mRNA Expression von VEGF (vascular endothelial growth factor) und bFGF (basic fibroblast growth factor) (Zheng et al., 2009).

Im Bemühen, unter anderem die Behandlungsphase zu verkürzen, führten Fang et al. eine Untersuchung an Ratten durch, welche den Nutzen von resorbierbaren Gore Resolut XT Membranen als Unterstützung der Kallusbildung nach sofortiger Distraktion von vier Millimetern nach Distraktorimplantation bestimmen sollte.

Es ergab sich im Vergleich zur graduellen Distraktion mit 0,5 mm pro Tag keine zeitliche Verbesserung bis zum Erreichen einer vollständigen Knochendurchbauung der Distraktionsstrecke, zudem wurde die Stabilität des entstandenen

Knochens nicht überprüft (Fang et al., 2006). Da verstärkter Zug am Gewebe zu Ischämien, sowie Nerven- und Muskelproblemen führen kann, welche unter anderem zu Stabilitätsverlusten im Langzeitergebnis führen können, ist hier die Einhaltung von Distraktionsraten mit zwei Mal täglich 0,5 Millimeter, wie sie auch in der vorliegenden Untersuchung eingehalten wurde, bzw. vier Mal täglich 0,25 Millimeter, anzuraten (Ilizarov, 1988).

In vielen publizierten Studien und auch in dieser Untersuchung zeigt sich zudem, dass eine Überkorrektur zur individuell errechneten Distraktionslänge sinnvoll ist, da es bei den meisten Patienten zu einem leichten Verlust der erreichten Distraktionsstrecke kommt. Die konkreten Angaben für die Überkorrektur variieren in der Literatur. Gonzales et al. geben hier Werte zwischen 15 und 20 Prozent an (Gonzalez et al., 2008) was sich mit den Ergebnissen dieser Untersuchung deckt. Gao et al. hingegen geben keinerlei Verlust an Ramuslänge an (Gao, Qiu, Tang, & Shen, 1999).

Die Konsolidierungsphase

Mit dem Ende der Distraction beginnt die Konsolidierungsphase. Hier dient der enorale Verbleib des Distraktors der Fixierung des neu entstandenen, sich nun mineralisierenden Kallus. Die Zeitspanne, die zur sicheren Konsolidierung eingehalten werden sollte, stellt sich in der Literatur als sehr unterschiedlich dar. Sie variiert zwischen 15 Tagen bis 20 Wochen (Baek & Kim, 2005; P. A. Diner, Kollar, E., Martinez, H., Vazquez, M.P., 1997; Gonzalez et al., 2008; Ilizarov, 1988, 1989 (II); Karun, Agarwal, & Singh, 2013; Kofod, Norholt, et al., 2005; Natu et al., 2014).

Eine zu kurze Konsolidierungsphase zusammen mit einer verspäteten orthopädischen Mitbehandlung beschreiben Karun et al. als Grund für den Rückgang an Ramuslänge bei einem ihrer zwölf Patienten der Studie (Karun et al., 2013). In der Untersuchung von Mofid et al. (Mofid et al., 2001) gaben 50,4% der Operateure an einen Rückgang an Ramuslänge bemerkt zu haben, wobei es sich in 64,8% der Fälle um eine Distraction des Unterkiefer handelte. 68,1% dieser Chirurgen, welche einen Rückgang an Ramuslänge bemerkten, gaben wiederum an, dass aus ihrer Sicht dieser Rückgang nicht im Zusammenhang mit der Konsolidierungsphase steht. In 67,6% der Fälle wurde ein Rückgang

unter sechs Monaten nach Distractionsende bemerkt und nur in 31% der Fälle länger als sechs Monate nach Distractionsende. Determinanten für die Bestimmung der Länge der Distractionsphase wurden sehr unterschiedlich und häufig kombiniert angegeben. 49,7% der Befragten gaben die doppelte Länge der Distractionsdauer an, 49% die 1,5 – 2-fache Zeit der Distractionsdauer.

Wenige bestimmten den Zeitpunkt der Distraktorentfernung durch klinische Untersuchung der Stabilität oder Verfahren wie Ultraschall oder Szintigraphie. Swennen ermittelte in seiner Zusammenfassung der Literatur über das Verfahren der Distractionsosteogenese von 1966 bis 2001 bei den Patienten mit Ramusverlängerung eine durchschnittliche Konsolidierungsphase von sechs bis acht Wochen. Er bemängelte jedoch das Fehlen von suffizienten Daten vor allem in Bezug auf das Langzeitergebnis und die Rezidivneigung (Swennen, Schliephake, Dempf, Schierle, & Malevez, 2001). Im Bestreben, eine Verkürzung der Konsolidierungsphase zu erlangen, führten Hagiwara et al. Versuche an Hasen durch, um mittels elektrischer Stimulation die Bildung neuen Knochens zu beschleunigen. Es zeigten sich jedoch keine relevanten Unterschiede zwischen Studien- und Kontrollgruppe (Hagiwara & Bell, 2000).

Weitere aktuelle experimentelle Forschungen, um die Bildung und Ernährung neuen Knochens während der Distractionsosteogenese zu unterstützen und somit eine kürzere Stabilisierungsphase zu erreichen, wurden von Natu et al. zusammengefasst (Natu et al., 2014).

Diese haben aber noch nicht in der Behandlung am Menschen Eingang gefunden. Besondere Bedeutung liegt in der Phase der Stabilisierung des neuentstandenen Knochens in der Zusammenarbeit mit der Kieferorthopädie und dem Dentallabor (Gursoy, Hukki, & Hurmerinta, 2008). Die Bereitstellung eines Splints aus Acryl nach Distractionsende ist in vielen Fällen zur weiteren Sicherung der Langzeitstabilität und zur Erlangung eines ästhetisch bestmöglichen Endergebnisses nötig. Desweiteren ist eine sowohl prä-, als auch postoperative kieferorthopädische Einstellung von enormer Bedeutung für die Sicherung eines optimalen Endergebnisses (Bertele, Mercanti, Stella, Albanese, & De Santis, 2005; Meazzini, Mazzoleni, Bozzetti, & Brusati, 2008). In manchen Fällen genügt dieses Verfahren jedoch nicht, um eine optimale Okklusion und einen

eventuell entstandenen offenen Biss anzugleichen. In diesen Fällen kann eine Le Fort I Operation zur Angleichung durchgeführt werden (Rachmiel et al., 2000).

Radiologische Verfahren

zur Längenbestimmung und Stabilitätskontrolle

Gemessen wurde die Länge des aufsteigenden Astes der Mandibula an Panoramaröntgenaufnahmen. Diese Röntgenbilder sind gerade für vertikale Messungen gut geeignet ist und liefern exaktere Ergebnisse im Vergleich zu Messungen an Fernröntgenseitaufnahmen (Larheim & Svanaes, 1986; Meazzini et al., 2008). Das in dieser Untersuchung verwendete Gerät wählt automatisch die zu jedem Patienten passende Umlaufbahn und überprüft automatisch die Knochendichte und passt die Belichtungsparameter an.

Hiermit konnte eine hohe Qualität und Vergleichbarkeit der Bilder vorausgesetzt werden.

Die korrekte Einstellung der Midsagittalen- Achse und der Frankfurter Horizontalen wurden durch sichtbare Lichtvisiere definiert. Am Ende des Röntgenvorgangs wurden die Aufnahmeparameter und Positionierungsdaten abgespeichert, um eine wiederholte situationsgleiche Aufnahme möglich zu machen.

Auch die Verwendung von Ultraschallbildern zur optimalen Bestimmung des Endpunktes der Behandlung und zur Beobachtung des Verknöcherungsablaufs ist möglich (Bruno et al., 2008; Nocini et al., 2002). Sie hat sich jedoch nicht im klinischen Alltag durchgesetzt und kam auch in der vorliegenden Arbeit nicht zum Einsatz.

4.1.2 Ergebniskritik bezüglich der Stabilität bei einem Zeitintervall von sechs Monaten

Bilaterale Distraction

Im Fall der bilateralen Distraction lag die Dauer der Stabilisierungsphase im Durchschnitt bei sechs Monaten mit einer Spanne von vier Wochen bis zwölf Monate.

Bei beiden Patienten mit Distraktorentfernung nach nur einem Monat musste bei Distraktorentfernung intraoperativ eine IMF (intermaxilläre Fixation) mit Gummirezügen durchgeführt werden, da der neugebildete Kallus den Distractionsspalt zwar ausfüllte, sich jedoch als weich und beweglich darstellte. Das Langzeitergebnis stellte sich bei beiden Patienten als suboptimal dar (Fall 1: Distraction von 13,2 Millimeter rechts bzw. 12,1 Millimeter links, Verlust von 5,7 Millimeter rechts beziehungsweise 4,3 Millimeter links; Fall 2: Distraction von 10,5 Millimeter rechts beziehungsweise 13,8 Millimeter links, Verlust von 10,2 Millimeter rechts beziehungsweise 8 Millimeter links).

Die frühe Distraktorentfernung von Fall zwei ergab sich durch von der Patientin als nicht tolerierbar empfundene starke Schmerzen. Im Fall einer Patientin mit Distraktorentfernung nach zwei Monaten auf Grund einer Infektion stellte sich der Kallus im Distractionsspalt als weich dar, so dass eine Miniplattenosteosynthese zur Stabilisierung durchgeführt wurde. Hier konnte die Distractionstrecke im Langzeitergebnis mit einem Verlust von lediglich 1 Millimeter beidseits gehalten werden. Bei einem Patient mit Distraktorentfernung nach bereits 3,5 Monaten stellte sich der Kallus als vollständig verknöchert und stabil dar.

Hier ergab das Distractionsergebnis von 6,7 Millimeter beidseits im Langzeitergebnis (allerdings mit zusätzlicher bimaxillären Operation) einen Verlust von 0,6 Millimeter rechts, beziehungsweise 3,4 Millimeter links. Die Ergebnisse der weiteren Patienten mit Konsolidierungsphasen von sechs Monate und länger stellten sich als zufriedenstellend bis sehr gut dar, allerdings wurde ein leichter Verlust an Ramuslänge bei allen Patienten festgestellt.

Unilaterale Distraction

Die Stabilisierungsphase der Patienten mit unilateraler Distraction lag im Mittel bei sechs Monaten. Die kürzeste Phase lag bei vier Monaten, die längste Phase bei zwölf Monaten.

Bei einem Patienten mit einer Konsolidierungsphase von lediglich vier Monaten zeigte sich das Langzeitergebnis als weniger stabil (Verlust von 3,6 mm nach Distraction von 17,6 mm) als bei einem Patienten mit fünf-monatiger Distractionsdauer (Verlust von 1,1 mm nach Distraction von 20 mm). Es sei aber auch

auf den Fall einer Patientin hingewiesen, bei der es nach einem Monat zu einem Distraktorbruch kam. Nach Distraktorwechsel verblieb der Distraktor weitere fünf Monate enoral. Trotz einer Konsolidierungsphase von insgesamt sechs Monaten stellte sich der gebildete Kallus als instabil dar (Verlust von 7,3 mm nach Distraction von 13,6 mm).

Im Rahmen einer ein Jahr später folgenden bimaxillären Operation wurde weiterhin ein deutlich weicherer Knochen im ehemaligen Distractionsspalt im Vergleich zur Gegenseite festgestellt. Im Rahmen der Untersuchung konnte festgehalten werden, dass bei den Patienten mit einer Konsolidierungsdauer von sechs Monaten und länger ein sehr gutes Langzeitergebnis mit nur minimalem Verlust an Ramuslänge verzeichnet werden konnte. Auch hier sei jedoch darauf hingewiesen, dass ein geringer Verlust an Ramuslänge bei jedem Patienten zu bestimmen war.

4.2 Unterschiede in der Langzeitstabilität bei unilateraler beziehungsweise bilateraler Distraction

2010 publizierten Nada et al. eine Studie, die das Ziel hatte, aus 181 Eurocleft Zentren die aktuelle Meinung der Kieferchirurgen und Kieferorthopäden bezüglich der Anwendung der Distractionosteogenese bei Patienten mit unterschiedlichen Diagnosen mittels einer Web-basierten Umfrage zu bündeln (Nada et al., 2010). Die Ergebnisse hinsichtlich der Entscheidung bezüglich einer Distractionosteogenese, oder einer konventionellen Chirurgie zeigten deutlich die Tendenz, im Falle der Diagnose einer hemifazialen Mikrosomie die Patienten einer Distractionosteogenese zuzuführen (80% der insgesamt 60 Teilnehmer), wohingegen im Fall der Diagnose schwerer mandibulärer Hypoplasie (Angle Klasse II) nur 30% der 54 Teilnehmer für eine Distractionosteogenese stimmten. Der Hauptgrund gegen die Durchführung einer Distractionosteogenese lag sowohl bei der HFM als auch der schweren mandibulären Hypoplasie begründet in der Meinung, dass die konventionelle Chirurgie gleichwertige oder bessere Ergebnisse zeige. Bezüglich der schweren mandibulären Hypoplasie lag ein weiterer Grund in der nach Teilnehmersicht einfacheren Durchführung der konventionellen Chirurgie. Mofid et al. verglichen die Ergebnisse von

1520 Fällen unilateraler Distraction mit den Ergebnissen von 624 Fällen bilateraler Distraction.

Es zeigte sich, dass in 81,6% der unilateral distrahieren Fälle beziehungsweise in 84,1% der bilateral distrahieren Fälle ein gutes bis exzellentes Endergebnis erzielt werden konnte. Allerdings wurden keine Angaben über den Zeitraum der Nachuntersuchung gemacht.

4.2.1 Ergebniskritik: Stabilität bei uni- versus bilateraler Distraction

Die aus den Daten errechneten Verluste zeigen keinen signifikanten Unterschied im Vergleich von bilateraler und unilateraler Distraction. Allerdings wurde in der Gruppe der unilateralen Distraction bei 7 der 11 Patienten und in der Gruppe der bilateralen Distraction in lediglich 3 der 15 Fälle eine zusätzliche Operation durchgeführt.

Bilaterale Distraction:

Anhand der statistischen Auswertungen dieser Arbeit für die Langzeitergebnisse bei bilateraler Distraction des Ramus ascendens von 15 Patienten kann der Mittelwert der Ramusverlängerung für den rechten Ramus bei 7,19 Millimeter und für den linken Ramus bei 7,88 Millimeter angegeben werden. Diese Ergebnisse sind in Bezug zu den Mittelwerten zu sehen, welche die vorhergehenden Messungen bei Distractionsende mit rechts 10,72 Millimeter und links 10,75 Millimeter aufzeichnen. Es handelt sich hier somit um einen mittleren Verlust von 3,53 Millimeter (32,9%) rechts beziehungsweise 2,87 Millimeter (26,7%) links.

Unilaterale Distraction:

Bei den 11 Fällen unilateraler Distraction wurden im Mittel 12,54 Millimeter distrahieren. Der Mittelwert der im Langzeitergebnis erreichten Ramusverlängerung der distrahieren Seite liegt bei 9,04 Millimeter. Somit zeigen die Ergebnisse der unilateralen Distraction einen Mittelwert von 3,50 Millimeter (27,9%) im Zeitintervall von Distractionentfernung bis zum Zeitpunkt der Langzeitmessung für den Rückgang der Ramuslänge.

4.3 Bedeutung nachfolgender Osteotomien

Die zusätzlich durchgeführten Operationen im Anschluss an eine Behandlung mit einem vertikalen Distraktor sind oftmals ein wichtiger Faktor für das Erreichen eines bestmöglichen funktionellen und ästhetischen Endergebnisses (Karun et al., 2013). Im Vergleich zur Therapie mit ausschließlich konventionellen Osteotomietechniken bietet die Kombination von Osteodistraktion und Osteotomie eine große Bandbreite an Möglichkeiten, das erzielte Ergebnis zu optimieren (Bertele et al., 2005).

So ist auf Grund von starken Gesichtsasymmetrien oder Kieferfehlagen die Knochendistraktion oft nur ein erster operativer Schritt, bevor ein Jahr später mit umfangreichen Osteotomien im Mittel- und Untergesicht die komplexen Gesichtsfehlbildungen korrigiert werden und eine optimale Okklusion und Stabilität erlangt wird. Dies wird durch sagittale Osteotomie nach Obwegeser oder Hunsuck/Epker (Takahashi, Kawamura, & Takano-Yamamoto, 2010; Trauner & Obwegeser, 1957; A. Triaca, 1989) und durch bimaxilläre Umstellungsosteotomien erreicht (Bertele et al., 2005). In umgekehrter Betrachtung ist dieses optimale Ergebnis jedoch erst durch die vertikale Distraktion im Vorfeld möglich. Das optische Ergebnis spielt eine zentrale Rolle für die Psyche der Patienten, deren Selbstwertgefühl durch das Behandlungsergebnis enorm gestärkt wird. Jedoch ist jede Operation verbunden mit möglichen perioperativen Komplikationen, welche in ihrer Notwendigkeit eingehend geprüft werden sollte. 2014 publizierten Ascenco et al. eine Studie über 33 Patienten mit hemifazialer Mikrosomie mit einem Durchschnittsalter von 7,3 Jahren zum Zeitpunkt der Osteodistraktion. Es zeigte sich bei neunzig Prozent der Fälle nach durchschnittlich 44 Monaten ein Rückgang der durch Distraktion erreichten Symmetrie, welche eine anschließende orthognathe Operation erforderlich machte, so dass die Autoren im Fazit einer Distraktionsosteogenese bei sich im Wachstum befindenden Patienten sehr kritisch gegenüberstanden (Ascenco et al., 2014).

Eine vergleichende Untersuchung bei adulten Patienten liegt derzeit nicht vor.

4.3.1 Ergebniskritik bezüglich nachfolgende Osteotomien

Von zusätzlichen Operationen ausgenommen wurden in dieser Untersuchung Patienten mit deutlicher Arthrose in den Condylen und Rheuma, Patienten mit optimaler stabiler Okklusion bereits nach Distraction und Patienten, die einer weiteren Operation aufgrund eines für sie bereits optimalen Endergebnisses nicht zustimmten.

Bilaterale Distraction:

Im Rahmen der bilateralen Distractionen wurde bei drei der fünfzehn Patienten dieser Untersuchung eine zusätzliche bimaxilläre Operation durchgeführt. In zwei dieser Fälle wurde zudem eine sagittale Spaltung durchgeführt. In allen drei Fällen konnte ein sehr gutes Langzeitergebnis festgestellt werden. Prägnant sieht man hingegen im Fall einer Patientin (mit einer zum Zeitpunkt der Distraktorentfernung nach sieben Monaten sehr weichen Knochensubstanz), bei der man, bedingt durch eine Arthrose der Kiefergelenke, keine stabilisierende bimaxilläre Umstellungsosteotomie vornahm sondern lediglich eine Le Fort I Operation zur Anpassung der Okklusion durchführte, einen starken Verlust der Ramuslänge nach Distraction. Trotzdem stellte sich das optische und funktionelle Endergebnis als für die Patientin befriedigend dar.

Unilaterale Distraction:

Sieben der elf Patienten mit unilateraler Distraction wurden einer zusätzlichen bimaxillären Operation und hiervon drei der Patienten einer sagittalen Spaltung zugeführt. Die Entscheidung für eine zusätzliche Operation lag in allen Fällen begründet in einer sehr ausgeprägten Gesichtssymmetrie und einer Malokklusion, welche allein durch eine Distraction nicht zu einem zufriedenstellenden Endergebnis geführt hätte.

Bei drei der Patienten konnte ein Rückgang an Ramuslänge, der sich deutlich nach Entfernung des Distraktors ergab, durch die stabilisierende Auswirkung der zusätzlichen Operation aufgehalten werden. Bei den vier Patienten ohne zusätzliche Operation konnte jeweils ein sehr geringer Längenverlust des distraherten Ramus und ein sehr zufriedenstellendes Endergebnis verzeichnet werden, so dass keine Notwendigkeit für eine zusätzliche Operation bestand.

4.4 Schlussfolgerung

1. Eine sechsmonatige Retentionsphase ist indiziert, um die Stabilität des distrahierten Knochens zu unterstützen. Bei einem Zeitraum unter sechs Monaten ist die Gefahr des Rezidivs erhöht.
2. Die Ergebnisse dieser Arbeit über die Langzeitstabilität des distrahierten Knochens nach enoraler Distraction des aufsteigenden Unterkieferastes zeigen, dass eine Überkorrektur zur Erzielung eines stabilen Endergebnisses notwendig ist, da sich eine Tendenz zur Resorption des neu gebildeten Knochens abzeichnet. Ein Unterschied in der Langzeitstabilität nach unilateral beziehungsweise bilateraler Distraction ließ sich nicht feststellen.
3. Durch die initiale Therapie der Distractionosteogenese ist es möglich, Patienten mit schweren Kieferfehlstellungen und Gesichtsasymmetrien einer weiteren korrigierenden Operation zuzuführen, welche final ein zufriedenstellendes Ergebnis ermöglicht und zur Stabilisierung des durch Distraction erreichten Ergebnisses führt.

5 Zusammenfassung

Mit der Methode der enoralen Distraction des aufsteigenden Unterkieferastes ist ein Weg gefunden worden, Patienten mit sowohl angeborenen wie auch erworbenen Kieferfehlstellungen aufgrund eines zu kurzen Unterkieferastes erfolgreich und für den Patienten schonend zu therapieren.

Die Indikationsstellung für eine Elongation des Ramus ascendens des Unterkiefers bestand bei den 26 Patienten dieser Studie im Alter zwischen 16 und 51 Jahren für die hemifaziale Mikrosomie, Goldenhar-Syndrom, Angle Klasse II und erworbenen Defiziten des Ramus ascendens durch Trauma, Nekrose oder Kiefergelenksarthrose.

Die Behandlung wurde in der ersten Patientengruppe bilateral und in der zweiten Patientengruppe unilateral durchgeführt. Die Messungen wurden an Panoramaschichtaufnahmen zum Zeitpunkt vor Distraction, bei Distraktorentfernung und nach im Minimum 5 Monaten bis maximal 53 Monaten an reproduzierbaren Messpunkten vorgenommen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen deutlich, dass die vertikale Ramusdistraction bei Erwachsenen erfolgreich ist. Dies lässt sich anhand der gemessenen Langzeitstabilität der gewonnenen Knochensubstanz darstellen. Diese zeigten im Mittel 9,0 Millimeter (72,1% der zuvor distrahieren Strecke) bei den 11 Fällen unilateraler Distraction und 7,19 Millimeter (67,1% der zuvor distrahieren Strecke) am rechten Ramus beziehungsweise 7,88 Millimeter (73,2% der zuvor distrahieren Strecke) am linken Ramus bei den 15 Fällen bilateraler Distraction. Besondere Berücksichtigung sollte das Einhalten des sechs monatigen Intervalls von Distraktorimplantation bis Distraktorentfernung für einen Langzeiterfolg der Knochenstabilität finden. Patienten, bei denen bedingt durch Komplikationen eine vorzeitige Distraktorentfernung nötig war, zeigten eine größere Tendenz zum Rückgang von gewonnener Knochensubstanz gegenüber Patienten bei denen das Sechsmonatsintervall eingehalten werden konnte.

Eindrücklich zeigt diese Untersuchung, dass in den meisten Fällen eines schweren Fehlbisses die vertikale Ramusdistraction einen ersten Schritt der Behandlung darstellt, durch die es möglich wird, mit anschließenden mono-

oder bignathen Kieferlagekorrekturen zu einem für den Patienten optimalen Ergebnis zu gelangen und die Stabilität des Ergebnisses nach Distraction langfristig zu sichern.

Danksagung

Mein sehr herzlicher Dank gehört Herr Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dr. h. c. Konrad Wangerin für die Überlassung des Themas, die kritische Betreuung und fachliche Unterstützung bei der Entwicklung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herr Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Siegmund Reinert für das Engagement und die konstruktive Kritik bei der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit.

Ein großes Dankeschön dem ehemaligen Ärzteteam und Team der Ambulanz der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie des Marienhospitals Stuttgart für die fröhliche Atmosphäre und sehr herzliche Unterstützung.

Frau PD. Dr. med. Annette Ploppa danke ich sehr für die ermutigende Kritik, ohne die diese Arbeit möglicherweise nicht fertiggestellt worden wäre.

Meinen Freunden danke ich für Euer Verständnis, die liebevolle aufbauende Unterstützung und das geduldige Warten auf freizeitintensivere Zeiten.

Mein herzlichster Dank gilt meiner großartigen Familie, für die liebevolle, verständnisvolle und ermutigende Unterstützung in vielen arbeitsreichen Zeiten.

Literaturverzeichnis

- Abott, L. (1927). The operative lengthening of the tibia and fibula. *J Bone Joint Surg.*, 9:128.
- Albanese, M., Mercanti, M., Bertele, G., Stella, F., & Trevisiol, L. (2006). Mandibular distraction of the body and ramus. *Minerva Stomatol*, 55(6), 327-353.
- Ascenco, A. S., Balbinot, P., Junior, I. M., D'Oro, U., Busato, L., & da Silva Freitas, R. (2014). Mandibular distraction in hemifacial microsomia is not a permanent treatment: a long-term evaluation. *J Craniofac Surg*, 25(2), 352-354. doi: 10.1097/01.scs.0000436741.90536.bf
- Baek, S. H., & Kim, S. (2005). The determinants of successful distraction osteogenesis of the mandible in hemifacial microsomia from longitudinal results. *J Craniofac Surg*, 16(4), 549-558.
- Bastidas, N., & Bartlett, S. P. (2012). Optimization of curvilinear mandible distraction using 3-dimensional computer-simulated modeling. *J Craniofac Surg*, 23(6), 1713-1716. doi: 10.1097/SCS.0b013e31826bee92
- Bell, W. H., & Kennedy, J. W., 3rd. (1976). Biological basis for vertical ramus osteotomies--a study of bone healing and revascularization in adult rhesus monkeys. *J Oral Surg*, 34(3), 215-224.
- Bertele, G., Mercanti, M., Stella, F., Albanese, M., & De Santis, D. (2005). Osteodistraction in the craniofacial region. *Minerva Stomatol*, 54(4), 179-198.
- Block, M. S., Daire, J., Stover, J., & Matthews, M. (1993). Changes in the inferior alveolar nerve following mandibular lengthening in the dog using distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg*, 51(6), 652-660.
- Bruno, C., Minniti, S., Buttura-da-Prato, E., Albanese, M., Nocini, P. F., & Pozzi-Mucelli, R. (2008). Gray-scale ultrasonography in the evaluation of bone callus in distraction osteogenesis of the mandible: initial findings. *Eur Radiol*, 18(5), 1012-1017. doi: 10.1007/s00330-008-0856-6
- Busuttil Naudi, K., Ayoub, A., McMahon, J., Di Silvio, L., Lappin, D., Hunter, K. D., & Barbenel, J. (2012). Mandibular reconstruction in the rabbit using beta-tricalcium phosphate (beta-TCP) scaffolding and recombinant bone morphogenetic protein 7 (rhBMP-7) - histological, radiographic and mechanical evaluations. *J Craniomaxillofac Surg*, 40(8), e461-469. doi: 10.1016/j.jcms.2012.03.005
- Califano, L., Cortese, A., Zupi, A., & Tajana, G. (1994). Mandibular lengthening by external distraction: an experimental study in the rabbit. *J Oral Maxillofac Surg*, 52(11), 1179-1183; discussion 1183-1174.
- Codivilla, A. (1905). On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. *J Bone Joint Surg. Am.*, s2-2, 353-369.

- Cope, J. B., Samchukov, M. L., & Cherkashin, A. M. (1999). Mandibular distraction osteogenesis: a historic perspective and future directions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 115(4), 448-460.
- de Zee, M., Cattaneo, P. M., Svensson, P., Pedersen, T. K., Melsen, B., Rasmussen, J., & Dalstra, M. (2009). Prediction of the articular eminence shape in a patient with unilateral hypoplasia of the right mandibular ramus before and after distraction osteogenesis-A simulation study. *J Biomech*, 42(8), 1049-1053. doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.02.027
- Diner, P. A., Kollar, E. M., Martinez, H., & Vazquez, M. P. (1996). Intraoral distraction for mandibular lengthening: a technical innovation. *J Craniomaxillofac Surg*, 24(2), 92-95.
- Diner, P. A., Kollar, E., Martinez, H., Vazquez, M.P. (1997). Submerged intraoral device for mandibular lengthening. *J Cranio- Maxillofacial Surgery*, 25, 116-123.
- Diner, P. A., Tomat, C., Soupre, V., Martinez, H., & Vazquez, M. P. (1999). Intraoral mandibular distraction: indications, technique and long-term results. *Ann Acad Med Singapore*, 28(5), 634-641.
- Fang, T. D., Nacamuli, R. P., Song, H. J., Fong, K. D., Shi, Y. Y., & Longaker, M. T. (2006). Guided tissue regeneration enhances bone formation in a rat model of failed osteogenesis. *Plast Reconstr Surg*, 117(4), 1177-1185. doi: 10.1097/01.prs.0000204581.59190.53
- Gang, L. (2004). New development and insights learned from distraction osteogenesis. *Curr Opin Orthop*, 15, 325-330.
- Gao, Y. M., Qiu, W. L., Tang, Y. S., & Shen, G. F. (1999). Evaluation of the treatment for micromandibular deformity by distraction osteogenesis with submerged intraoral device. *Chin J Dent Res*, 2(3-4), 31-37.
- Glowacki, J., Shusterman, E. M., Troulis, M., Holmes, R., Perrott, D., & Kaban, L. B. (2004). Distraction osteogenesis of the porcine mandible: histomorphometric evaluation of bone. *Plast Reconstr Surg*, 113(2), 566-573. doi: 10.1097/01.PRS.0000101061.99577.09
- Gonzalez, M., Egbert, M., Guerrero, C. A., & Van Sickels, J. E. (2008). Vertical and horizontal mandibular lengthening of the ramus and body. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 16(2), 215-236. doi: 10.1016/j.cxom.2008.05.002
- Guerrero, C. A., Bell, W. H., & Meza, L. S. (1999). Intraoral distraction osteogenesis: maxillary and mandibular lengthening. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 7(1), 111-151.
- Gursoy, S., Hukki, J., & Hurmerinta, K. (2008). Five year follow-up of mandibular distraction osteogenesis on the dentofacial structures of syndromic children. *Orthod Craniofac Res*, 11(1), 57-64. doi: 10.1111/j.1601-6343.2008.00415.x
- Hagiwara, T., & Bell, W. H. (2000). Effect of electrical stimulation on mandibular distraction osteogenesis. *J Craniomaxillofac Surg*, 28(1), 12-19. doi: 10.1054/jcms.1999.0104
- Hasund, A. (1974). Klinische Kephalemetrie für die Bergen Technik. Kieferorthopädische Abteilung Bergen, Bergen, Norwegen.

- Hurmerinta, K., Peltomaki, T., & Hukki, J. (2004). Unexpected events during mandibular distraction osteogenesis. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 38(4), 209-214. doi: 10.1080/02844310410025312
- Ilizarov, G. A. (1988). The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*, 48(1), 1-11.
- Ilizarov, G. A. (1989 (I)). The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop Relat Res*(238), 249-281.
- Ilizarov, G. A. (1989 (II)). The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res*(239), 263-285.
- Karun, V., Agarwal, N., & Singh, V. (2013). Distraction osteogenesis for correction of mandibular abnormalities. *Natl J Maxillofac Surg*, 4(2), 206-213. doi: 10.4103/0975-5950.127653
- Kessler, P., Wiltfang, J. (2002). Knocheninduktion durch Osteodistraktion - experimentelle und klinische Untersuchungen zur Distraktionsosteogenese. *ZMK*, 18(1/2):6.
- Kofod, T., Norholt, S. E., Pedersen, T. K., & Jensen, J. (2005). Unilateral mandibular ramus elongation by intraoral distraction osteogenesis. *J Craniofac Surg*, 16(2), 247-254.
- Kofod, T., Pedersen, T. K., Norholt, S. E., & Jensen, J. (2005). Stereolithographic models for simulation and transfer of vector in vertical distraction of the mandibular ramus: a technical note. *J Craniofac Surg*, 16(4), 608-614.
- Kwakkelstein, M. W. (1994). *Leonardo da Vinci as a physiognomist: theory and drawing practice*. Leiden: Primavera- III , Kloninkijke Bibliotheek, Den Haag
- Larheim, T. A., & Svanaes, D. B. (1986). Reproducibility of rotational panoramic radiography: mandibular linear dimensions and angles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 90(1), 45-51.
- Li, G., Simpson, A. H., Kenwright, J., & Triffitt, J. T. (1997). Assessment of cell proliferation in regenerating bone during distraction osteogenesis at different distraction rates. *J Orthop Res*, 15(5), 765-772. doi: 10.1002/jor.1100150520
- Longaker, M. T., & Siebert, J. W. (1996). Microsurgical correction of facial contour in congenital craniofacial malformations: the marriage of hard and soft tissue. *Plast Reconstr Surg*, 98(6), 942-950.
- McCarthy, J. G., Schreiber, J., Karp, N., Thorne, C. H., & Grayson, B. H. (1992). Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg*, 89(1), 1-8; discussion 9-10.
- Meazzini, M. C., Mazzoleni, F., Bozzetti, A., & Brusati, R. (2008). Does functional appliance treatment truly improve stability of mandibular vertical distraction osteogenesis in hemifacial microsomia? *J Craniomaxillofac Surg*, 36(7), 384-389. doi: 10.1016/j.jcms.2008.03.002
- Meazzini, M. C., Mazzoleni, F., Gabriele, C., & Bozzetti, A. (2005). Mandibular distraction osteogenesis in hemifacial microsomia: long-term follow-up. *J Craniomaxillofac Surg*, 33(6), 370-376. doi: 10.1016/j.jcms.2005.07.004

- Medicon. (2000). vertikale Unterkieferdistraktoren
<http://www.medicon.de/de/produkte/produktneuheiten/2000/vertikale-unterkieferdistraktoren.html>.
- Medicon, e. (10/2009). Distraction Devices (pp. 9-14). Tuttlingen, Germany.
- Medicon eG, T., Germany.
http://www.medicon.de/fileadmin/mediapool/medicon/bilder/02_Produnkte/Produktbereiche/02_CMF/01_Implantate/02_Distraktion/01_Distraktion/Bildergalerie/02_Horizontal_large.jpg.
- Meyer, U., Buchter, A., Wiesmann, H. P., Joos, U., & Jones, D. B. (2005). Basic reactions of osteoblasts on structured material surfaces. *Eur Cell Mater*, 9, 39-49.
- Michieli, S., & Miotti, B. (1977). Lengthening of mandibular body by gradual surgical-orthodontic distraction. *J Oral Surg*, 35(3), 187-192.
- Miller, J. J., Kahn, D., Lorenz, H. P., & Schendel, S. A. (2007). Infant mandibular distraction with an internal curvilinear device. *J Craniofac Surg*, 18(6), 1403-1407. doi: 10.1097/scs.0b013e31814fb6fe
- Minerva, D. L. (2002). X-rays and Cameras: Trade new focus. *British Dental Journal*, 192, 658-659. doi: 10.1038/sj.bdj.4801451
- Mofid, M. M., Manson, P. N., Robertson, B. C., Tufaro, A. P., Elias, J. J., & Vander Kolk, C. A. (2001). Craniofacial distraction osteogenesis: a review of 3278 cases. *Plast Reconstr Surg*, 108(5), 1103-1114; discussion 1115-1107.
- Nada, R. M., Sugar, A. W., Wijdeveld, M. G., Borstlap, W. A., Clauser, L., Hoffmeister, B., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2010). Current practice of distraction osteogenesis for craniofacial anomalies in Europe: a web based survey. *J Craniomaxillofac Surg*, 38(2), 83-89. doi: 10.1016/j.jcms.2009.03.014
- Natu, S. S., Ali, I., Alam, S., Giri, K. Y., Agarwal, A., & Kulkarni, V. A. (2014). The biology of distraction osteogenesis for correction of mandibular and craniomaxillofacial defects: A review. *Dent Res J (Isfahan)*, 11(1), 16-26.
- Nocini, P. F., Albanese, M., Wangerin, K., Fior, A., Trevisiol, L., & Kretschmer, W. (2002). Distraction osteogenesis of the mandible: evaluation of callus distraction by B-scan ultrasonography. *J Craniomaxillofac Surg*, 30(5), 286-291.
- Rachmiel, A., Aizenbud, D., Eleftheriou, S., Peled, M., & Laufer, D. (2000). Extraoral vs. intraoral distraction osteogenesis in the treatment of hemifacial microsomia. *Ann Plast Surg*, 45(4), 386-394.
- Rachmiel, A., Aizenbud, D., Pillar, G., Srouji, S., & Peled, M. (2005). Bilateral mandibular distraction for patients with compromised airway analyzed by three-dimensional CT. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 34(1), 9-18. doi: 10.1016/j.ijom.2004.05.010
- Rachmiel, A., Manor, R., Peled, M., & Laufer, D. (2001). Intraoral distraction osteogenesis of the mandible in hemifacial microsomia. *J Oral Maxillofac Surg*, 59(7), 728-733. doi: 10.1053/joms.2001.24280
- Ricketts, R. (1950). Variations of the temporomandibular joint as revealed by cephalometric laminagraphy. *AM J Orthod.*, 36(12), 877-898.

- Schendel, S. A., & Linck, D. W., 3rd. (2004). Mandibular distraction osteogenesis by sagittal split osteotomy and intraoral curvilinear distraction. *J Craniofac Surg*, 15(4), 631-635.
- Seldin, E. B., Troulis, M. J., & Kaban, L. B. (1999). Evaluation of a semiburied, fixed-trajectory, curvilinear, distraction device in an animal model. *J Oral Maxillofac Surg*, 57(12), 1442-1446; discussion 1447-1448.
- Snyder, C. C., Levine, G. A., Swanson, H. M., & Browne, E. Z., Jr. (1973). Mandibular lengthening by gradual distraction. Preliminary report. *Plast Reconstr Surg*, 51(5), 506-508.
- Swennen, G., Schliephake, H., Dempf, R., Schierle, H., & Malevez, C. (2001). Craniofacial distraction osteogenesis: a review of the literature: Part 1: clinical studies. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 30(2), 89-103. doi: 10.1054/ijom.2000.0033
- Takahashi, I., Kawamura, H., & Takano-Yamamoto, T. (2010). Combined maxillary and mandibular midline and mandibular ramus distraction osteogenesis for treatment of a Class II patient with implants as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 137(3), 412-423. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.08.038
- Trauner, R., & Obwegeser, H. (1957). The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. I. Surgical procedures to correct mandibular prognathism and reshaping of the chin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 10(7), 677-689; contd.
- Triaca, A. (1989). [Dentobasal correction of mandible with a bilateral bisagittal split]. *Inf Orthod Kieferorthop*, 21(3), 425-432.
- Triaca, A., Minoretti, R., McGurk, M., Mc Donald, F., Daumgartner, R., Hunenbart, S., Merz, B. (1999). A new system for multidirectional intraoral distraction- rationale and application to ten patients. In: *Diner, PA., Vazquez, MP. (eds) 2nd International Congress of Cranial and Facial Bone Distraction Processes. Moduzzi, Bologna*, 297-304.
- Troulis, M. J., Glowacki, J., Perrott, D. H., & Kaban, L. B. (2000). Effects of latency and rate on bone formation in a porcine mandibular distraction model. *J Oral Maxillofac Surg*, 58(5), 507-513; discussion 514.
- Vargervik, K., Ousterhout, D. K., & Farias, M. (1986). Factors affecting long-term results in hemifacial microsomia. *Cleft Palate J*, 23 Suppl 1, 53-68.
- Wangerin, K. (2000). Distraction in der Mund,- Kiefer,- Gesichtschirurgie. *Mund,- Kiefer,- Gesichtschirurgie*, 4(226-236, Springer Verlag).
- Wangerin, K. (2005). Our concept of intraoral distraction. *Stomatologie*, 102.2, 59-66.
- Wangerin, K., Gropp, H. (1994). Die enorale Distractionsosteotomie des mikrogeneren Unterkiefers zur Beseitigung der Atemwegsobstruktion. *Dtsch. Z Mund Kiefer Gesichtschir.*, 18, 239.
- Wassmund, M. (1935). Lehrbuch der praktischen Chirurgie des Mundes und der Kiefer. *Band 1*, 271-275.
- Wiedemann, M. (1994). Morphologische Grundlagen der Kallusdistraction. *119(8)*, 587-593.
- Wolford, L. M., Karras, S. C., & Mehra, P. (2001). Considerations for orthognathic surgery during growth, part 1: mandibular deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119(2), 95-101. doi: 10.1067/mod.2001.111401

Zheng, L. W., Ma, L., & Cheung, L. K. (2009). Angiogenesis is enhanced by continuous traction in rabbit mandibular distraction osteogenesis. *J Craniomaxillofac Surg*, 37(7), 405-411. doi: 10.1016/j.jcms.2009.03.007

Graphikverzeichnis

Graphik 3–1:	Geschlechterverteilung	27
Graphik 3–2:	Alter der Patienten N=26.....	27
Graphik 3–3:	Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung. N = 15	28
Graphik 3–4:	Distraction des rechten Ramus – bilaterale Distraction Darstellung des Median mittels schwarzem Balken im blauen Feld	29
Graphik 3–5:	Durch Distraction gewonnene Knochenlänge in Millimeter am rechten Ramus.....	30
Graphik 3–6:	Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis.	30
Graphik 3–7:	Distraction des linken Ramus – bilaterale Distraction Darstellung des Median mittels schwarzem Balken im blauen Feld	31
Graphik 3–8:	Durch Distraction gewonnene Knochenlänge in Millimeter am linken Ramus.	31
Graphik 3–9:	Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des linken Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis.	32
Graphik 3–10:	Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung, N=12	33
Graphik 3–11:	Länge des rechten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung und im Langzeitergebnis. N=12	34
Graphik 3–12:	Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis.	34
Graphik 3–13:	Länge des linken Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung und im Langzeitergebnis. N=12	35
Graphik 3–14:	Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des linken Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis	35
Graphik 3–15:	Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, Distraktorentfernung und Langzeitmessung, sowie dem Zeitpunkt einer zusätzlichen Operation und der Langzeitmessung.....	36
Graphik 3–16:	Zusätzlich durchgeführte Operationen nach bilateraler Distraction.....	37

Graphik 3–17:	Länge des rechten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung, vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis (N=3)	37
Graphik 3–18:	Vergleich der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis.....	38
Graphik 3–19:	Länge des linken Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung, vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis. N=3	39
Graphik 3–20:	Vergleich der gewonnenen Ramuslänge des linken Ramus in Millimeter vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis	39
Graphik 3–21:	Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung. N=11	40
Graphik 3–22:	Veränderung der Länge des Ramus – unilaterale Distraction Darstellung des Median mittels schwarzem Balken im blauen Feld	41
Graphik 3–23:	Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des distrahierten Ramus in Millimeter im Langzeitergebnis	42
Graphik 3–24:	Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, sowie Distraktorentfernung und Langzeitmessung. N=4	42
Graphik 3–25:	Länge des distrahierten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung und im Langzeitergebnis. N=4	43
Graphik 3–26:	Veränderung der gewonnenen Ramuslänge des distrahierten Ramus im Langzeitergebnis	43
Graphik 3–27:	Länge der Zeiträume zwischen Distraktorinstallation und Langzeitmessung, Distraktorinstallation und Distraktorentfernung, Distraktorentfernung und Langzeitmessung, sowie dem Zeitpunkt einer zusätzlichen Operation und der Langzeitmessung. N=7	44
Graphik 3–28:	Zusätzlich durchgeführte Operationen bei unilateraler Distraction	44

Graphik 3–29: Länge des distrahierten Ramus zum Zeitpunkt vor Distraction, nach Distraktorentfernung, vor zusätzlicher Operation, sowie im Langzeitergebnis. N=7	45
Graphik 3-30: Vergleich der gewonnenen Ramuslänge des rechten Ramus in Millimeter vor zusätzlicher Operation und im Langzeitergebnis	45

Lebenslauf

Persönliche Angaben:

Name: Vera Charlotte Beck
Geburtsdatum: 11.11.1981
Geburtsort: Hannover

Schulabschluss:

Juni 2001 Abitur, Salier-Gymnasium Waiblingen

Ausbildung:

Oktober 2001–2004 Ausbildung zur Krankenschwester,
Städtische Kliniken Esslingen
September 2004 Staatliche Prüfung zur Krankenschwester

Studium:

April 2006 Beginn des Studiums der Humanmedizin
Eberhard-Karls Universität, Tübingen
August 2008 1. Staatsexamen, Tübingen
Dezember 2012 2. Staatsexamen, Tübingen
Seit Januar 2013 Assistenzärztin, Uniklinikum Tübingen,
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

Promotion:

Retrospektive Untersuchung zur enoralen Distraction
des aufsteigenden Unterkieferastes bei Erwachsenen