

Technische Universität München
Klinik und Poliklinik für
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie
Klinikum rechts der Isar
Direktor: Prof. Dr. Dr. Klaus-Dietrich Wolff

**Eine retrospektive Studie nach CAD/CAM assistierter versus konventioneller
Unterkieferrekonstruktion mit mikrovaskulären Fibulatransplantaten -
eine klinische und funktionelle Funktionsanalyse**

Christopher Robert Schmid

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Zahnheilkunde

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Jürgen Schlegel

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. Dr. Denys Loeffelbein
2. Priv.-Doz. Dr. Dr. Jochen Weitz

Die Dissertation wurde am 18.04.2019 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 08.10.2019 angenommen.

Meinem Vater

Inhaltsverzeichnis

Eine retrospektive Studie nach CAD/CAM assistierter versus konventioneller Unterkieferrekonstruktion mit mikrovaskulären Fibulatransplantaten - eine klinische und funktionelle Funktionsanalyse

1. Einleitung.....	1
1.1. Anatomische und funktionelle Grundlagen des stomatognathen Systems	1
1.1.1. Stomatognathes System	1
1.1.2. Physiologische Kieferfunktionen.....	5
1.1.3. Funktionsstörungen des kranio-mandibulären Systems.....	7
1.1.4. Diagnostik von Funktionsstörungen	7
1.1.5. Therapie von Funktionsstörungen.....	10
1.2. Möglichkeiten der knöchernen Rekonstruktion im Kopf-Hals Bereich	10
1.2.1. Freie mikrovaskuläre Knochentransplantate.....	13
1.1. Einsatzmöglichkeiten der CAD/CAM Technologie in der Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie	15
2. Material und Methodik	18
2.1. Ethik.....	18
2.2. Untersuchungen	18
2.2.1. Anamnese und funktioneller klinischer Befund	19
2.2.2. Axiographische Untersuchung.....	20
2.2.3 Einteilung der Defekte	23
2.3. Statistik	23
3. Ergebnisse	24
3.1. Patientenkollektiv	24
3.2. Auswertung der axiographischen Ergebnisse	31
3.2.1. Maximale Kieferöffnung	31
3.2.2. Protrusion.....	31
3.2.3. Laterotrusion	31
3.2.4. Deviation und Deflexion.....	32
3.3. Klinische Parameter	34
3.4. Auswertung des CMD-Fragebogens.....	36

3.5.	Univariate lineare Regressionsanalyse	37
3.6.	Multivariate lineare Regressionsanalyse und Korrelationsanalyse.....	38
4.	Diskussion.....	40
4.1.	Konventionelle versus CAD/CAM assistierte Fibulatransplantate zur Unterkieferrekonstruktion – ein erkennbarer Fortschritt?	40
4.1.1.	Diskussion der Ergebnisse	40
4.1.2.	Ausblick	42
4.2.	Klinische und funktionelle Kiefergelenksanalyse	42
4.2.1.	Axiographische Auswertung konventionell vs. CAD/CAM assistierter	42
4.2.2.	Einflussfaktoren der funktionellen Rehabilitation	44
4.2.3.	Gesundes Probandengut vs. operiertes Patientengut	45
4.3.	Restaurative Versorgung – Implanat- vs. Mundschleimhaut-getragen.....	47
4.4.	Limitationen	49
5.	Zusammenfassung.....	50
6.	Literaturverzeichnis	52
7.	Anhang.....	60
7.1.	Dokumente	60
7.2.	Abbildungsverzeichnis.....	62
7.3.	Tabellenverzeichnis	63
7.4.	Anzeige von Vorabveröffentlichung:	64
8.	Curriculum Vitae	65
9.	Danksagung.....	66

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
CAD	computer-aided design
CAM	computer-aided manufacturing
cm	Zentimeter
CMD	cranioandibuläre Dysfunktion
M./m.	Musculus
mm	Millimeter
MRONJ	medikamenten-assoziierte Kiefernekrose
MSA	manuelle Strukturanalyse
N.	Nervus
OSCC	orales Plattenepithelkarzinom
OM	Osteomyelitis
ORN	Osteoradionekrose
p	Signifikanzniveau
RTx	Radiatio
sog.	sogenannte
TMD	temporomandibuläre Dysfunktion
vs.	versus

1. Einleitung

1.1. Anatomische und funktionelle Grundlagen des stomatognathen Systems

1.1.1. Stomatognathes System

Unter dem stomatognathen System versteht man die Gesamtheit des anatomischen Zahn-, Mund- und Kiefersystems mit dessen Strukturen, funktionellen Zusammenhängen und Wechselwirkungen. Die maßgebenden Funktionen im gesunden stomatognathen System sind die Sprachbildung und die Nahrungsaufnahme.

Die wesentlichen Strukturen des zentralen und lateralen Mittelgesichts sind neben dem Ober- und Unterkiefer mit Zähnen und deren Halteapparat, das Kiefergelenk und die Kaumuskulatur, die sich aus der Mundschließermuskulatur und den Mundöffnern, sowie der supra- und infrahyalen Muskulatur zusammensetzen.

1.1.1.1. Das Kiefergelenk – Anatomie und Funktion

Das Kiefergelenk besteht knöchern zum einen aus der Gelenkpfanne (Fossa articularis) an der äußeren Schädelbasis und zum anderen aus dem Gelenkköpfchen (Caput mandibulae) des Unterkiefers. Da das Kiefergelenk von einer straffen Kapsel umgeben ist, wird es vor der Gefahr der Luxation von drei Bändern gesichert. Die Gelenkpfanne, welche nach ventral in das Tuberculum articulare übergeht, artikuliert mit dem Gelenkkopf durch den Discus articularis voneinander getrennt. Die Innervation der Gelenkkapsel erfolgt durch drei Äste des N. mandibularis. Der dorsale Bereich des Discus articularis wird als bilaminäre Zone bezeichnet. Hauptaufgabe dieses bindegewebigen Bereichs ist die Stabilisierung des Discus auf dem Condylus. Die Bewegungen des Unterkiefers werden vorgegeben durch das Zusammenspiel der Fossa articularis, des Discus articularis, des Spannungsgrades der betroffenen Ligamente, des neuromuskulären System, der Führungsschiene der Zähne und der artikulären Erhebung in Form des Tuberculum articulare (D Kubein-Meesenburg et al., 2012).

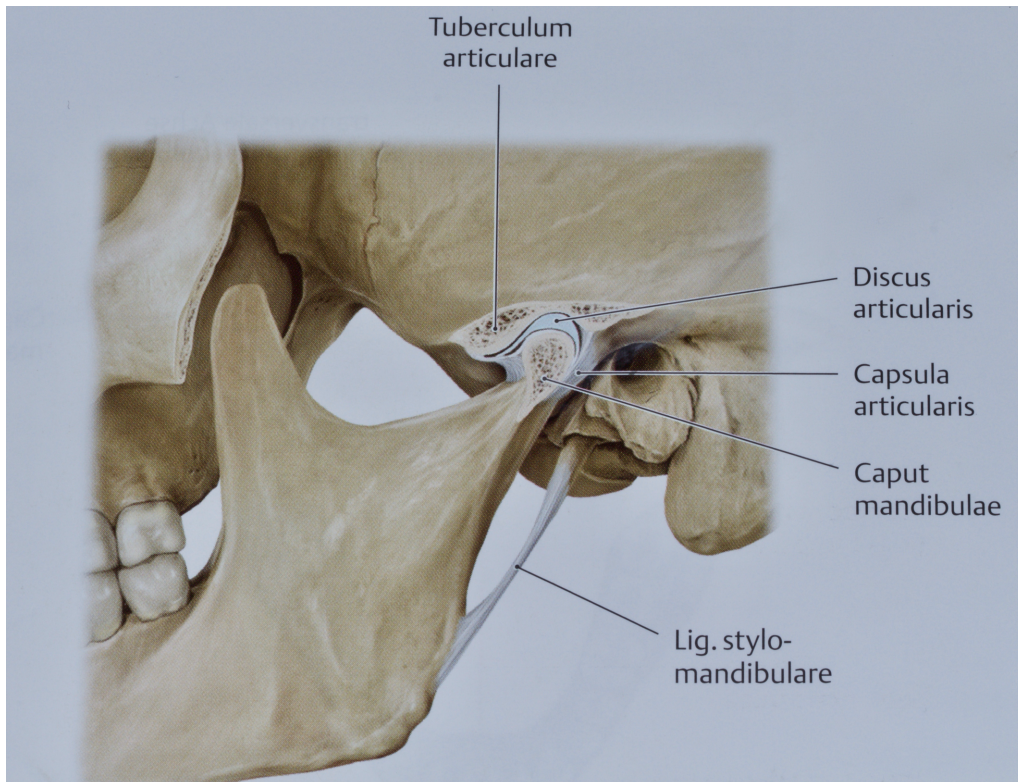


Abb. 1.0. Das Kiefergelenk (M Schünke et al., 2012).

1.1.1.2. Die Kaumuskulatur- Anatomie und Funktion

Die Aufgabe der Kaumuskulatur ist die Bewegung des Unterkiefers. Der Ursprung der Muskelgruppen befindet sich dabei an unbeweglichen Gesichtsschädelknochen. Der Ansatz setzt an dem zu bewegenden Unterkiefer an. Zu den großen Kaumuskeln zählen der M. masseter, der M. temporalis, sowie die Mm. Pterygoidei medialis und lateralis. Der M. digastricus gehört zur suprahyalen Zungenbeinmuskulatur (GH Schumacher et al., 1989).

Musculus masseter

Der M. masseter entspringt am Arcus zygomaticus und inseriert an der Tuberositas masseterica am äußeren Kieferwinkel. Er teilt sich in eine Pars superficialis, die an der Tuberositas masseterica lateral am Kieferwinkel inseriert und in eine Pars profunda, die an der lateralen Fläche des aufsteigenden Unterkieferastes inseriert. Neben der Funktion als kräftiger Mundschließer wirkt der M. masseter über die schräg verlaufenden Fasern der Pars superficialis bei der Protrusion mit. Eine Laterotrusionsbewegung wird durch unilaterale Kontraktion herbeigeführt.

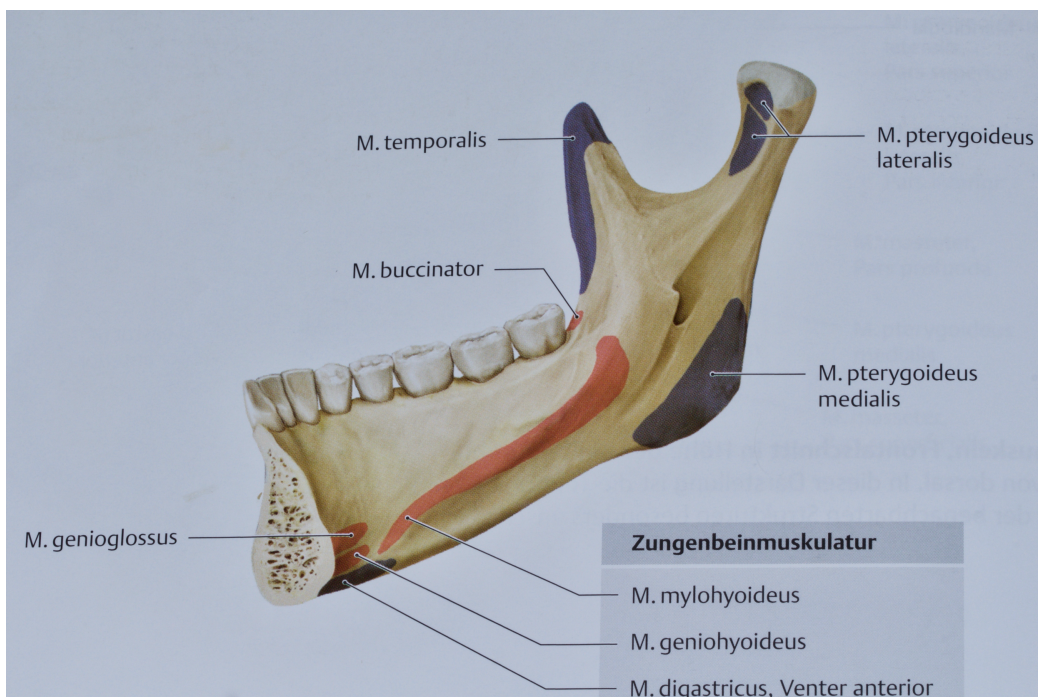


Abb. 1.1. Ansätze der Kau- und suprahyalen Muskulatur (M Schünke et al., 2012).

Musculus temporalis

Der M. temporalis ist der stärkste Adduktor und ist in drei Segmente, Pars anterior, Pars medialis und Pars posterior unterteilt. Er entspringt der Linea temporalis der Squama ossis temporalis und des Os parietale und setzt mit seiner kräftigen Sehne am Processus coronoideus mandibulae an.

Musculus pterygoideus medialis

Der M. pterygoideus medialis entspringt der Fossa pterygoidea des Processus Pterygoideus. Von dort zieht er nach kaudal, dorsal und lateral an die Innenseite des Angulus mandibulae. Dort bildet er zusammen mit dem M. masseter eine Muskelschlinge.

Der M. pterygoideus medialis wirkt bei der Protrusion und Laterotrusion mit.

Musculus pterygoideus lateralis

Der M. pterygoideus lateralis hat zwei Anteile: mit seinem Caput medialis hat er seinen Ursprung an der Crista infratemporalis ossis sphenoidalis und mit seinem Caput lateralis an der Lamina lateralis des Processus pterygoideus. Sein Caput medialis setzt am Discus articularis an, zieht diesen nach ventral und leitet somit die Kieferöffnung ein. Mit seinem Caput lateralis setzt er am Processus condylaris mandibulae an. Eine unilaterale Kontraktion führt zu einer Bewegung zur Gegenseite (Mediotrusionsbewegung) wohingegen eine bilaterale Kontraktion zur Protrusion des Unterkiefers führt.

Suprahyale Muskulatur (Musculus digastricus)

Neben dem M. pterygoideus lateralis sind die suprahyalen Muskeln an der Mundöffnung beteiligt. Zu ihnen gehören der M. digastricus, der M. mylohyoideus, M. geniohyoideus und der M. stylohyoideus.

Der M. digastricus ist zweibäuchig: der hintere Bauch hat seinen Ursprung an Incisura mastoidea an der Unterseite des Os temporale. Der kürzere vordere Bauch inseriert in der Fossa digastrica an der Innenseite der Mandibula. Beide Bäuche sind durch eine Sehne, die um das Os hyoideum geht, miteinander verbunden. Wird das Hyoid durch die infrahyale Muskulatur stabilisiert, führt eine Kontraktion des M. digastricus zur Mundöffnung und zur Retrusion.

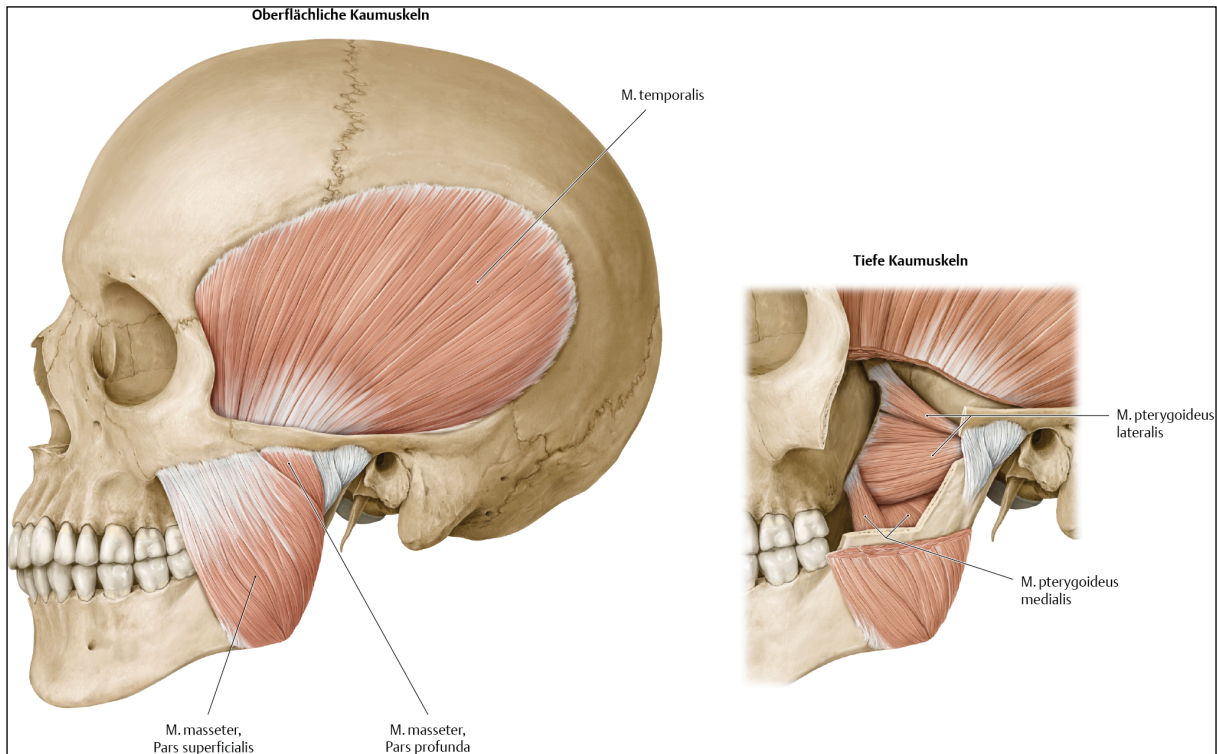


Abb. 1.2. Mm. Pterygoidei lateralis und medialis (M Schünke et al., 2012).

1.1.2. Physiologische Kieferfunktionen

Die Bewegungen der Kiefergelenke sind im Raum kombiniert, nämlich in der vertikalen, der transversalen und der sagittalen Achse (W Stelzenmüller et al., 2010). Sie lassen sich in drei Grundbewegungen unterteilen:

- Rotationsbewegung/Gleitbewegung (Mundöffnung und Mundschluss)
- Translationsbewegungen parallel zur Medianebene (Pro- und Retrusion)
- Seitwärtsbewegungen von der bzw. zur Medianebene (Latero- und Mediotrusion)

Mundöffnung/Mundschließung

Die Mundöffnung lässt sich in drei Phasen aufgliedern:

a) Phase 1: Erste Rotationsbewegung

Bis zu einem Winkel von 15° verbleibt das Caput mandibulae (Caput mand.) in der Fossa mandibularis. In dieser Phase findet lediglich eine Rotationsbewegung statt, welche durch die suprahyale Muskulatur sowie den M. pterygoideus lateralis eingeleitet wird.

b) Phase 2: Die Gleitbewegung

Über den Winkel von 15° hinaus findet vermehrt eine Gleitbewegung des Caput mand. auf dem Tuberculum mandibulare statt. Dies erfolgt durch ein Vorziehen zum einen des Discus articularis, durch die Pars superior des M. pterygoideus lateralis, und zum anderen des Caput mand. durch die Pars inferior des Muskels.

c) Phase 3: Zweite Rotationsbewegung

Mit dem Ziel einer größtmöglichen Mundöffnung erfolgt nun eine erneute Drehbewegung des Caput mand. durch die Unterstützung des M. pterygoideus lateralis.

Beim Mundschluss erfolgt eine Rückrotation des Caput mand. durch kontrolliertes Zurückführen des Discus articularis mit Hilfe des M. pterygoideus lateralis.

Protrusion und Retrusion

Die Translationsbewegungen werden primär durch den M. pterygoideus lateralis gesteuert. Vor- und Rückschub finden nur in der kranialen discotemporalen Kammer des Discus articularis und unter Zahnkontakt statt.

Laterotrusion und Mediotrusion (Mahlbewegungen)

Bei der Seitwärtsbewegung des Unterkiefers führt der Kondylus der Arbeitsseite eine Laterotrusionsbewegung durch eine Drehung um eine vertikale Achse durch die Mitte des Kondylus durch und der Kondylus der Nichtarbeitsseite eine Mediotrusionsbewegung nach medial, ventral und kaudal.

1.1.3. Funktionsstörungen des kranio-mandibulären Systems

Funktionsstörungen und -erkrankungen des kranio-mandibulären Systems können mit den für den menschlichen Bewegungsapparat typischen pathophysiologischen Folgeerscheinungen einhergehen: Diskoordination synergistischer und antagonistischer Muskelgruppen, Myalgien, Muskelverspannungen, Myositiden, Myogelosen, Muskelhypertrophien und -hypotrophien sowie primären Kiefergelenkerkrankungen, Diskusverlagerungen und anderen sekundären pathologischen Veränderungen der Kiefergelenke. Hinsichtlich der Ätiologie liegen oft Störungen der statischen und/oder dynamischen Okklusion oder primäre Erkrankungen der Kiefergelenke vor (MO Ahlers et al., 2003).

In einer Studie von Cooper und Kleinberg wurden 2007 eine große Gruppe von Patienten mit kranio-mandibulärer Dysfunktion (CMD) (n=4528) untersucht, in der sich eine hohe Prozentzahl bestimmter Symptome und Anzeichen wiederfand, die zur genaueren Charakterisierung von CMD Patienten dienen. Die häufigsten in der Studie aufgeführten Symptome waren: 96% Schmerzen, 79% Kopfschmerzen, Kiefergelenksbeschwerden oder -fehlfunktionen in 75% und Ohrenscherzen in 82% (BC Cooper et al., 2007).

Die Kiefergelenksfunktion bei gesunden Patienten geht mit einer störungsfreien und stabilen Okklusion einher und wird von einer gesunden, entspannten Kaumuskulatur geführt, um eine langfristige Stabilität aller mit der Kaufunktion zusammenhängenden Strukturen zu erzielen (BC Cooper et al., 2011).

1.1.4. Diagnostik von Funktionsstörungen

Als Diagnostik zu funktionellen Erkrankungen des kranio-mandibulären Systems dient nach den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde die klinische Funktionsanalyse zur Überprüfung des funktionellen Zustandes und des Zusammenwirkens von Zähnen, Muskulatur und Kiefergelenken sowie der Erkennung von dysfunktionalen Symptomen und Erkrankungen (MO Ahlers et al., 2003).

Dworkin et al. versuchten 1990 die Problematik der fehlenden Unterscheidungsmöglichkeiten von kranio-mandibulären Dysfunktionen (Temporomandibular Disorders, TMD) durch einen strukturierten Leitfaden zu beheben (SF Dworkin et al., 1990).

1.1.4.1. Manuelle Funktionsanalyse

Im Gegensatz zur konventionellen Funktionsdiagnostik, bei der es hauptsächlich um die Erfassung aktiver Bewegungen und der Muskelpalpation geht, konzentriert sich die manuelle Funktionsdiagnostik auf die systematische und zielgerichtete Überprüfung der Kaumuskulatur, der Gelenkkapsel, der Ligamenten und der bilaminären Zone.

Bei der manuellen Funktionsdiagnostik wurde zur Überprüfung der betreffenden Gelenkstrukturen respektive der bestehenden Läsionen der Begriff des sog. Belastungsvektors eingeführt. Mit Hilfe dieses Belastungsvektors werden sog. dekompenzierte Funktionsstörungen festgestellt, die entweder durch eine Überlastung des Gewebes oder durch irreversible Gewebedestruktion bedingt sind. Die Überprüfung der einzelnen Strukturen des Kausystems wird anhand des Befundbogens von Bumann et al. zur manuellen Funktionsanalyse durchgeführt und zwar in bestimmter Reihenfolge. Gelenkflächen werden durch dynamische Kompression und Translation überprüft, die bilaminäre Zone mittels passiver Kompression. Mit sogenannter Translation und Traktion werden Gelenkkapsel und Ligamente untersucht. Die funktionelle Überprüfung der Kaumuskulatur erfolgt durch isometrische Anspannung (A Bumann et al., 2000).

1.1.4.2. Instrumentelle Funktionsanalyse

Die instrumentelle Funktionsanalyse erfolgt objektiv durch die Axiographie, welche eine dynamische Aufzeichnung der Unterkieferbewegungen und deren diagnostische Interpretation ermöglicht (A Bumann et al., 2000). Innerhalb der Funktionsuntersuchungen ist die Axiographie ein ergänzendes, aber kein generelles oder alleinstehendes Verfahren (O Schierz et al., 2008). Die instrumentelle Funktionsanalyse dient hauptsächlich zur Bestimmung patientenindividueller Gelenkwerte wie z. B. Krümmung und Neigung der Kondylenbahn, Bennett Winkel, Verlauf der Medio- und Laterotrusion und zur Programmierung von Artikulatoren. Zusätzlich können okklusionsbedingte Kondylenverlagerungen analysiert werden. Wurden diese Messungen ursprünglich mittels mechanischer Verfahren unter Zuhilfenahme eines Transferbogens und entsprechender Artikulatorsysteme (Steward, Panadent, SAM) durchgeführt, stehen heute elektronische Registrierverfahren im Vordergrund. 1981 wurde durch KLETT der String R. Recorder und darauf folgend der CONDYLOCOMP® LR3 (DENTRON GmbH, Hoechberg, Deutschland) als praxisreifes, elektronisches Registriersystem vorgestellt. Ähnlich funktionierende Systeme sind das

Axiotron (Fa. SAM) und das Cardiax-System (Fa. Gamma). Auf die genaue Darstellung des Ablaufs der instrumentellen Funktionsanalyse wird im Abschnitt „Material und Methode“ eingegangen.

Im Rahmen der Kiefergelenksdiagnostik wird eine instrumentelle Bewegungsaufzeichnung dann als indiziert angesehen, wenn klinische Bewegungsstörungen nicht eindeutig einer Gelenkpathologie zugeordnet werden können (O Schierz et al., 2008).

1.1.4.3. Alternative Funktionsanalysen

Als alternative Untersuchungsmethode des kaufunktionellen Systems ist das myozentrische Behandlungskonzept zu erwähnen. Die grundlegende Hypothese des myozentrischen Konzepts besagt, dass die verspannte und dysbalancierte Muskulatur neben den Zähnen und den Kiefergelenken ein wesentlicher Schlüsselfaktor zur Unterhaltung einer CMD ist (W Stelzenmüller et al., 2010). Studien von Garry und Travell zeigen, dass 80-90% der CMD-Beschwerden von der Muskulatur stammen (Garry 1979).

Nach der neuen Definition von R. Jankelson und R. Schöttl ist die Myozentrik die Unterkieferposition, die sich nach einer ungezwungenen isotonischen Elevation aus einer physiologisch entspannten Ruheschwebe nach Überbrückung einer vom Behandler festgelegten interokklusalen Distanz ergibt (M Hülse et al., 2003). Zur Messung der elektrischen Aktivität setzt R. Jankelson die Elektromyographie und die Magnetkinesiographie ein.

Nach G. A. Dinham sind die folgenden Vorannahmen rationale Voraussetzung des Konzepts der myozentrischen Beziehung (GA Dinham, 1984). Zum einen ist die mandibuläre Muskulatur ein dominanter Faktor bei der Unterkieferpositionierung, zum anderen starten freie Unterkieferbewegungen von ihrer zentrischen Position und kehren auch wieder in die Ausgangsposition zurück. Als dritte Annahme ist die Ausgangsposition des Unterkiefers das Ergebnis eines physiologischen neuromuskulären Zustandes, der für jeden Menschen individuell ist.

1.1.5. Therapie von Funktionsstörungen

Bei der Behandlung von CMD kommt es auf die Betrachtung und anschließend auf die Therapie des gesamten caniomandibulären Systems (CMS) an. Neben der Therapie des CMS, sei es durch manuelle Behandlung oder die initiale Okklusionstherapie, spielt auch die Behandlung des muskuloskelettalen Systems eine entscheidende Rolle. Es bestehen diverse myofasziale Verkopplungen des CMS über wesentliche anatomische Schnittstellen mit dem muskuloskelettalen System (W Boisserée et al., 2012).

Die Initialtherapie mittels Okklusionsschiene hebt Okklusionsstörungen auf und dient somit der Normalisierung aller am Kauvorgang beteiligten Strukturen des CMS (Kaumuskulatur, Kiefergelenke) sowie der Belastung der Zähne. Die Ultima Ratio sind chirurgische Maßnahmen am Kiefergelenk, wobei diese nur dann indiziert sind, wenn morphologisch fassbare Gründe für funktionelle Störungen vorliegen oder aber eine konsequente, konservative Therapie nicht gegriffen hat (RH Reich, 2000).

1.2. Möglichkeiten der knöchernen Rekonstruktion im Kopf-Hals Bereich

Die hauptsächlichen Ursachen für segmentale mandibuläre Defekte sind nach Thorne et al. der Zustand nach Resektion von Karzinomen, aber auch osteoradionekrotische Defekte, ausgedehnte benigne Läsionen und traumatisch bedingte Defekte (J Smith et al., 1991).

Neben der Funktion der Sprachbildung ist der Unterkiefer von großer Bedeutung für den Schluckakt, den Kauvorgang und die Formgebung der unteren Gesichtskonturen. Daher haben mandibuläre Defekte und deren Resektionen einen erheblichen Einfluss auf die Lebensqualität der Patienten (SP Moubayed et al., 2014).

Wegen der großen Bedeutung von knöchernen Rekonstruktionen im Kopf-Hals-Bereich, zum einen für die Funktion des stomatognathen Systems, zum anderen auch für die optische und somit psychische Wiederherstellung des Patienten, haben Moubayed et al. nach dem Review von 60 publizierten Artikeln die prozentuale Verteilung der gehobenen Transplantate zusammengetragen. Dabei stellten sie fest, dass 72,6 % der Patienten mittels Fibulatransplantaten rekonstruiert wurden, 14,9% wurden durch Radialis Lappen rekonstruiert, 3,7% mit Scapula und lediglich 0,5% vom Rippenbogen (SP Moubayed et al., 2014).

Somit zeigt sich, dass unter den heutigen Möglichkeiten der freien ossären oder osteocutanen Transplantaten das freie Fibulattansplantat am häufigsten zur Rekonstruktion von Kontinuitätsdefekten des Unterkiefers herangezogen wird.

Ungeachtet der verschiedenen Methoden ist der heutige Goldstandard der Mandibularekonstruktion nach wie vor der freie osteocutane Lappen, welcher mittels Titanplatten am autochtonen Unterkiefer befestigt werden kann. Dies ist heutzutage ebenfalls durch eine linguale Fixierung CAD/CAM vorgefertigter Titanplatten möglich, was zu einer Verringerung der Expositionsraten führen kann (FA Probst et al., 2016).

Geschichtlich betrachtet erfolgte die erste knöcherne Rekonstruktion bereits 1668, von van Meekeren beschrieben, mittels eines xenogenen Transplantates zur Wiederherstellung einer Schädelkalotte. Um die vorletzte Jahrhundertwende erschienen erste Artikel über die Wiederherstellung von Kontinuitätsdefekten des Unterkiefers. Bardenheuer verwendete 1892 einen gestielten mandibulären Lappen für dessen Rekonstruktion (E Hjorting-Hansen, 2002).

Das erste freie Fibulatransplantat zur Unterkieferrekonstruktion wurde von Hidalgo et al. mit mikrochirurgischer Anastomosierung der Gefäße 1989 durchgeführt (DA Hidalgo, 1989).

Die Einteilung von Unterkieferdefektsituationen wurde von vielen Autoren beschrieben, wie beispielsweise der klassischen HCL Defekteinteilung nach Jewer et al. 1989 oder der CRBS-Einteilung nach Urken et al. 1991. Die umfangreichste, beziehungsweise genaueste Einteilung erfolgte durch Brown et al., der nach Sichtung von 167 Studien mit einer Defektklassifizierung hervorkam, die sowohl die Art der Rekonstruktion, die Defektgröße, als auch die Anzahl der Osteotomien oder mögliche Komplikationen berücksichtigt (JS Brown et al., 2016). Diese Einteilung ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

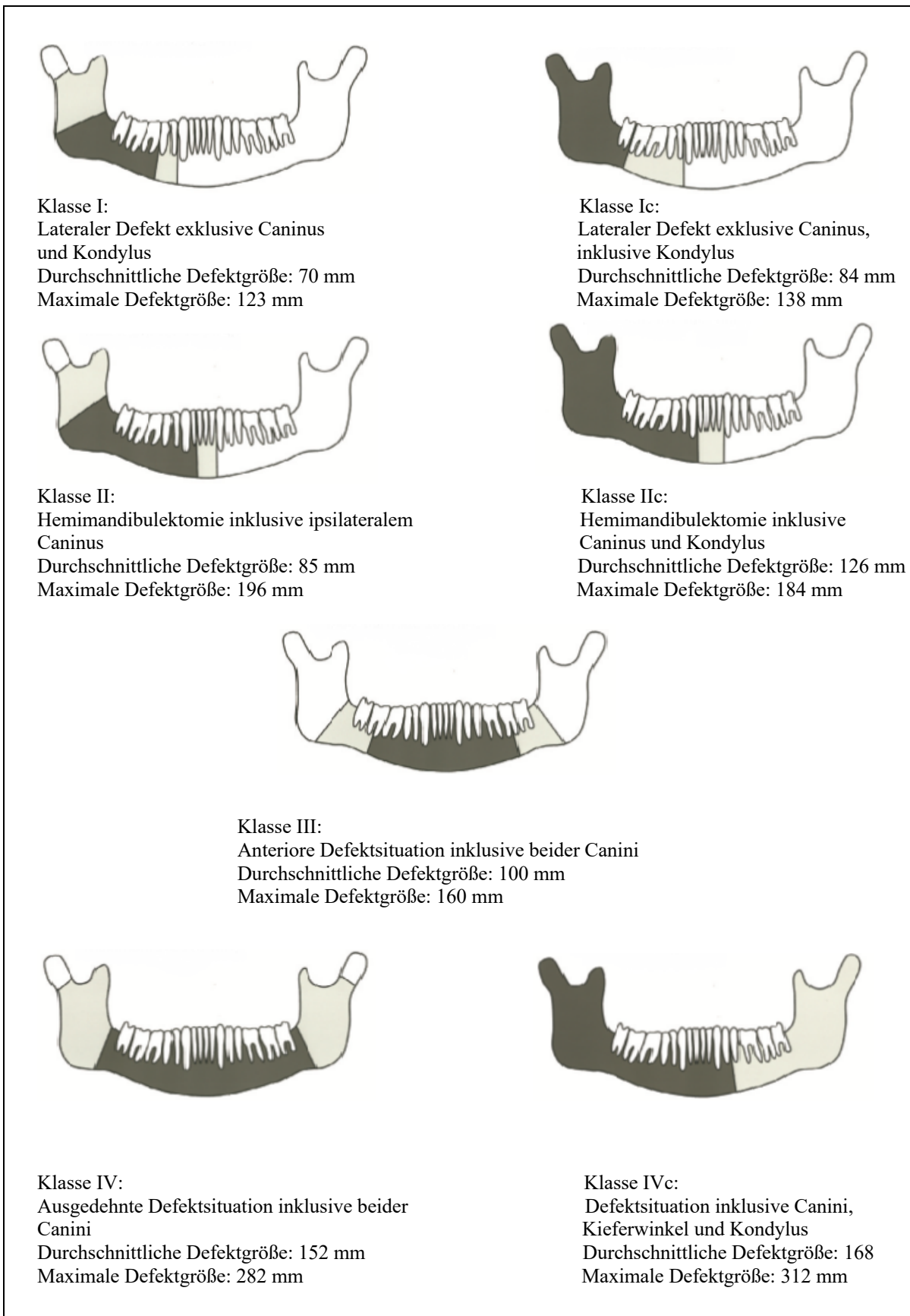


Abb. 1.3. Defektklassifikationen nach Brown et al. (Abbildung aus (JS Brown et al., 2016)).

1.2.1. Freie mikrovaskuläre Knochentransplantate

1.2.1.1. Fibula

Das Fibulatransplantat hat eine Vielzahl an Eigenschaften, was durch die Häufigkeit der Anwendung und die guten Ergebnisse belegt wurde. Neben der Tatsache, dass die Fibula ein gerader, tubulärer und kompakter Knochen ist, kann der Lappen auch als rein ossärer, myoossärer, osteocutaner oder osteomyocutaner Lappen gehoben werden. Des Weiteren ist es ein einfach zu bildender Lappen, mit gering bis mäßiger Morbidität der Entnahmestelle und einem zufriedenstellenden kosmetischen Ergebnis nach Wundverschluss der Donorsite (HJ Buncke, 1991; R Gonzalez-Garcia et al., 2008).

Aufgrund der Länge und der fehlenden Tragelast der Fibula ist es laut Hidalgo et al. möglich, ein Transplantat von bis zu 25 cm zu gewinnen und somit fast jede Ausdehnung eines knöchernen Defektes zu rekonstruieren (DA Hidalgo, 1989). Trotz des großen zu gewinnenden Segmentes sollten 7-8 cm des Knochens sowohl distal, für die Stabilisierung des Sprunggelenkes, als auch proximal, um eine Schädigung des N. peroneus communis zu vermeiden, belassen werden (K-D Wolff et al., 2011).

Ein Nachteil der Fibula ist die geringe Knochenhöhe im Vergleich zu der ursprünglichen Höhe des Alveolarfortsatzes der Mandibula. Das kann zu einer Stufenbildung und somit zu einem schlechten Prothesensitz oder zu einer ungünstigen Gestaltung der auf Implantaten befestigten Zahnkronen führen. Zur Lösung dieses Problems benutzten Horiuchi et al. erstmals 1995 die Fibula in der sog. double-barrel Technik (K Horiuchi et al., 1995). Hierzu wurde ein entsprechend langes Fibulatransplantat geteilt und übereinander angebracht, um so eine ausreichende Höhe von ca. 3,8 cm zu erreichen (Y He et al., 2011). Es konnten jedoch auch mit der herkömmlichen, einfachen Fibularekonstruktion für den Patienten zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich der Funktion und Ästhetik erzielt werden (R Gonzalez-Garcia et al., 2008; R Pellini et al., 2012).

1.2.2.2. Beckenkamm

Die ersten freien Beckenkammtransplantate wurden 1979 zur Rekonstruktion der Extremitäten und des Kiefers verwendet. Die Möglichkeit, sowohl ossäre als auch osteocutane Lappen zu transplantieren, erweiterte den Anwendungsbereich. Aufgrund seiner anatomischen Form eignet sich der Beckenkamm sehr gut für Kieferwinkel- und Kinnrekonstruktionen, jedoch ist er ungeeigneter für größere, besonders lange Ramusdefekte.

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, den Defekt der Entnahmestelle direkt zu verschließen. Nachteil dieses Verfahrens ist die Morbidität im Beckenbereich mit der Gefahr von signifikanten Nachblutungen und Hernienbildung (DD Jewer et al., 1989).

1.2.2.3. Scapula

Eine weitere Rekonstruktionsmöglichkeit bietet das Schulterblatt. Hier wird vor allem auf den lateralen Rand und die Schulter Spitze zurückgegriffen. Es eignet sich besonders zur Orbita- und Gaumenrekonstruktion, sowie für den Kieferwinkel (Y Mochizuki et al., 2014).

Laut Cornelius et al. ist die Rekonstruktion mit Hilfe von CAD/CAM bei Scapulatransplantationen schwieriger als bei Fibula- und Beckenkammlappen, da die Muskelschlinge, die die Scapula umgibt, für die Gefäßversorgung erhalten werden muss. Bei großflächiger Freilegung des Knochens zum Anbringen der Sägeschablone kommt es zur Nekrose des zu transplantierenden Knochens (CP Cornelius et al., 2016).

1.2.2.4. Radialislappen und Alternativen

Bereits 1978 beschrieben Harashina et al. die Rekonstruktion des Unterkiefers mittels freiem Rippentransplantat (T Harashina et al., 1978). Diese Methode setzte sich jedoch nicht durch. Eine weitere Alternative ist der Radialislappen, allerdings primär als cutaner Lappen für intraorale Schleimhauttransplantate. Als Osteocutanlappen eignet er sich nur für kleinere Defekte und wird aufgrund der hohen radialen Frakturgefährdung (43%) selten als solcher benutzt (DD Jewer et al., 1989). Um dies zu umgehen, wurde der osteocutane Radialislappen auch als „double-barreled“, also in Form von zwei aufeinander gesetzten Fragmenten, für die Rekonstruktion kleiner Defekte erfolgreich eingesetzt (J Gonzalez-Castro et al., 2016).

1.1. Einsatzmöglichkeiten der CAD/CAM Technologie in der Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie

Die präoperative Planung und plangenaue Resektion, zusammen mit der Rekonstruktion mittels individuell angefertigten Sägeschablonen, hat die komplexe dreidimensionale Rekonstruktion des Unterkiefers stark erleichtert. Die Einbindung der computer-aided designs und computer-aided manufacturing Technologie (CAD/CAM) in den prä- und intraoperativen Arbeitsablauf hat die Herstellung von individuell angefertigten Sägeschablonen erheblich vereinfacht und hat, wie bereits in diversen Studien gezeigt, neben einer Verkürzung der Operationszeit und des Krankenhausaufenthaltes besonders die knöcherne Einheilung und die Symmetrie der Rekonstruktion deutlich verbessern können (R Sieira Gil et al., 2015; A Tarsitano et al., 2016). Neben der zusätzlichen Zeit, die in die präoperative Planung investiert wird, ist der Kostenfaktor (Fallabhängig zwischen 1500€ und 3000€), eines mittels rapid prototype modelling (RPM) erstellten 3-D-Modells, einer der kontroversen Diskussionspunkte bei diesem Verfahren. Allerdings, wie von Gli et al. gezeigt, reduzieren sich durch die verkürzte Operationszeit auch die intra- und postoperativen Kosten durch eine Verbesserung in der Patientengenesung und einer Reduktion der Komplikationen wie z.B. Infektionen oder venöse Thromboembolien (R Sieira Gil et al., 2015).

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, dentale Implantate zur kaufunktionellen Rehabilitation schneller einbringen zu können, da die präoperative Planung eine exakte Positionierung und damit schlussendlich ein zufriedenstellendes Ergebnis erlaubt (H Hanken et al., 2015).

1.3.1. Planung ossärer Rekonstruktionen

Knöcherne Rekonstruktionen haben in der Vergangenheit zuverlässig Kontinuitätsdefekte der Mandibula überbrücken können. Allerdings entsprach die rekonstruierte Mandibula nicht exakt der Symmetrie und Kontur des ursprünglichen Unterkiefers, was eine Stufenbildung im Bereich des Prothesenlagers zur Folge haben konnte (K Smolka et al., 2008). Zudem war häufig die Beziehung von Unter- zu Oberkiefer ungünstig, sodass eine funktionelle prothetische Rehabilitation des Patienten schwierig war (G Schultes et al., 2002). Anders als die Mandibula ist die Fibula ein gerader Knochen, welcher, um die anatomische Form der

Mandibula im Umfang des Defektes rekonstruieren zu können, osteotomiert und an eine Titanplatte fixiert werden muss.

Es stellt sich intraoperativ als schwierig und zeitaufwändig für den Chirurgen dar (ca. 42 Minuten) (B Lethaus et al., 2012), das Titangerüst in die richtige Form zu biegen (Y Yamashita et al., 2008).

Seit der Einführung der CAD/CAM Technologie in den späten Achtzigern, wurde diese häufig eingesetzt und kam sowohl im Bereich der orthopädischen und plastischen Chirurgie als auch in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie zum Einsatz (JS Hou et al., 2012). Dabei wird anhand computertomographischer Daten mittels rapid prototype manufacturing (RPM) ein 3-D-Modell erstellt, welches auch die zu operierende Region bzw. die zu resezierende oder zu rekonstruierende Region darstellen kann (SH Lim et al., 2016). RPM basiert entweder auf einer Schichtungstechnik eines Flüssigpolymers, welches durch Laser oder UV-Licht gehärtet wird, oder es basiert auf einem Stärkepulver, welches durch einen Kleber zusammengefügt wird (A Mumith et al., 2018). Durch CAD kann bereits virtuell der zu resezierende Bereich abgebildet werden und aus dem Datensatz eine Schablone hergestellt werden. Mithilfe dieser Schablone kann zum einen eine genaue Resektion vollzogen werden, zum anderen können auch die Osteotomien an der Entnahmestelle des Transplantates selber erfolgen. Ebenfalls können heute Titanplatten präoperativ gesintert oder gefräst werden, was zu einer weiteren Reduktion der Operationszeit führt (A Tarsitano et al., 2016).

1.4. Zielstellung

Ziel der retrospektiven Studie ist es, mittels funktionsanalytischer Untersuchung festzustellen, ob es durch die CAD/CAM gestützte Unterkieferrekonstruktion mittels freiem Fibulatransplantat zu einer schnelleren und verbesserten Wiederherstellung einer normalen Kiefergelenksfunktion kommt.

Die Vorteile des CAD/CAM Verfahrens hinsichtlich der chirurgischen Ergebnisse sind in der Literatur bereits umfangreich beschrieben, so zum Beispiel der Vorteil der verkürzten Operationszeit, des verkürzten Krankenhausaufenthaltes und einer schnelleren Rehabilitation. Des Weiteren zeigten die Ergebnisse auch eine Verbesserung der Präzision in der Tumorsektion und der anschließenden Rekonstruktion, sei es mittels Fibula-, Scapula- oder Beckenkammtransplantat. (K Smolka et al., 2008; L Ciocca et al., 2012; A Tarsitano et al., 2016; YY Wang et al., 2016).

Da sich in der Literatur keine eindeutigen Aussagen zu den Auswirkungen in Bezug auf die Kiefergelenksfunktion bei den angewandten Operationsmethoden finden, soll diese Fragestellung in der vorliegenden Arbeit näher untersucht werden. Dazu werden mittels axiographischer Messungen die postoperativen funktionellen Parameter wie die Kieferöffnung, die Laterusions- und Protrusionsbewegungen und die jeweiligen prothetischen Versorgungen untersucht. Die Zielsetzung ist die Feststellung, ob das CAD/CAM Verfahren nicht nur die geschilderte hohe operative Sicherheit und Genauigkeit, sondern auch eine erkennbare Verbesserung der funktionellen Kiefergelenksparameter gegenüber der konventionellen chirurgischen Therapie bietet.

2. Material und Methodik

2.1. Ethik

Alle klinischen Untersuchungen entsprachen der aktuellen Deklaration von Helsinki und die Studie wurde von der Ethikkommission des Klinikums Rechts der Isar der Technischen Universität München überprüft und genehmigt (Aktenzeichen Nr. 342/14).

Die Patienten und Probanden wurden alle im Vorhinein sowohl mündlich als auch durch einen Informationsbogen zur Studie über die anonymisierte Verwendung ihrer Daten und den Studienablauf aufgeklärt und willigten schriftlich ein.

Die durchzuführenden Unterkieferbewegungen wurden den Probanden erläutert und in einem Trockenlauf durchgespielt. Der durchschnittliche Zeitaufwand betrug 18 Minuten pro Untersuchung und Patient. Beim Autor sowie bei allen Beteiligten der Studie lag kein Interessenskonflikt vor.

2.2. Untersuchungen

Untersucht wurden Patienten, die zwischen April 2011 und Dezember 2014 eine mandibuläre Rekonstruktion mittels mikrovaskulärem, freiem Fibulatransplantat in unserer Klinik erhalten haben.

Die Untersuchung der Probanden erfolgte anhand eines vorgefertigten Untersuchungsbogens (Anhang 1) zu craniomandibulären Dysfunktionen und gliederte sich in folgende Unterpunkte:

- Anamnese
- Funktioneller und klinischer Befund
- Axiographische/digitale Aufzeichnung der Kondylenbahnen

2.2.1. Anamnese und funktioneller klinischer Befund

Anamnestisch wurden bei den Patienten und Probanden Schmerzen im Bereich des Kiefergelenks, Verspannungen der Kaumuskulatur, Knacken und oder Reiben der Kiefergelenke, sowie empfundene Limitationen der Mobilität des stomatognathen Systems.

Gaben die Teilnehmer an, Schmerzen zu haben, so wurden weitere Parameter wie die Lokalisation des Schmerzes, Schmerzcharakter, sowie die Häufigkeit und der Zeitpunkt des Schmerzes erfasst. Ebenfalls wurden Habits (Knirschen, Pressen) oder eine beim Patienten vorhandene Stresssymptomatik notiert. Es erfolgte anschließend die Erhebung eines vereinfachten Zahnschemas sowie bei bezahnten Patienten die Festlegung der Bissituation bzw. Verzahnung (Angle-Klasse, Offener-, Normal-, Kreuz- oder Kopfbiss). Um auf eventuelle Fehlbelastungen der craniomandibulären Funktionseinheit zu schließen, wurde auch nach Abrasionen an den Zähnen geschaut.

Zur Bestimmung der Kiefergelenksfunktion wurden durch die Axiographie, wie im weiteren beschrieben, folgende Parameter jeweils dreimal pro Untersuchung erhoben:

- Mundöffnung (maximale Schneidekantendistanz)
- Deflexion
- Deviation
- Pro- und Laterotrusion

2.2.2. Axiographische Untersuchung

2.2.2.1. Aufbau des Axiographen

Bei dieser Studie kam ein SAM Axioquick® Recorder zum Einsatz (SAM® Präzisionstechnik GmbH, Gauting, Germany). Grundsätzlich bestand der registrierende Teil, wie in der Abbildung gezeigt, aus einem maxillären Transferbogen mit einem mandibulären Registrierbogen. Zur Befestigung wurde der maxilläre Teil des Axiographen im anterioren Bereich durch eine Nasionstütze befestigt, deren Nivellierstab parallel zur Bipupillarlinie ausgerichtet wurde. Im posterioren Bereich stabilisierten Porionstifte, welche vom Patienten in die Gehörgänge eingeführt wurden, sowie ein dem Kopf aufliegendes Vertex-Band das Gerät. Zusätzlich wurden an Proc. mastoideus und Os temporale zwei weitere Stützen befestigt, um die Positionierung des maxillären Übertragungsbogens auch nach Entfernung der Porionstifte sicherzustellen. Des Weiteren wurde dem Patienten ein Nackenband angelegt.



Abb. 2.1: SAM Axioquick® SAM®
(Präzisionstechnik GmbH, Gauting, Germany)
Links maxillärer Teil, rechts mandibulärer Teil.

Bei der Befestigung des mandibulären Registrierbogens kann man, je nach intraoraler Situation des Patienten, auf drei verschiedene Varianten zurückgreifen. Bei vollbezahnten Patienten können entweder ein paraokklusaler Bogen oder ein interdental Plug verwendet werden. Der paraokklusale Bogen wird unter Berücksichtigung des Überbisses mittels eines provisorischen Komposites (z.B. Luxatemp-Star®, DMG, Hamburg, Deutschland) angepasst und anschließend mit wenigen Tropfen Sekundenkleber an den Zahnaußenflächen befestigt.



Abb. 2.2: Fixationshilfen.

Von links nach rechts: Trägerlöffel,
Intraoklusalplug (unten), Paraoklusalbogen.

Der interdentale Plug wird mit einem dentalen Silikon, in diesem Fall Optosil Comfort® (Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland), befestigt. Patienten mit fehlender Bezahnung des Unterkiefers wurde ein Trägerlöffel, der mit Abformmaterial (auch hier Optosil Comfort®) befüllt wurde, auf den Kieferkamm aufgebracht und durch eine Unterkieferklemme, die den Unterkiefer submental umgriff befestigt. Somit war eine stabile Befestigung während der Unterkieferbewegungen gewährleistet. Über die Ultraschallsensorik wird die Abstandsmessung vollzogen. Dazu befinden sich an dem maxillären Teil acht Ultraschallempfänger und an dem mandibulären Teil vier Ultraschallsensoren. Nach Herstellerangaben lässt sich durch die korrekte Einstellung eine Annäherung an die tatsächliche Rotationsachse des Unterkiefers von 1,1 bis 1,2 mm erreichen. Die Aufzeichnung der Unterkieferbewegungen fand sowohl in der koronaren als auch in der sagittalen und axialen Ebene statt.

2.2.2.2. *Ablauf der axiographischen Untersuchung*

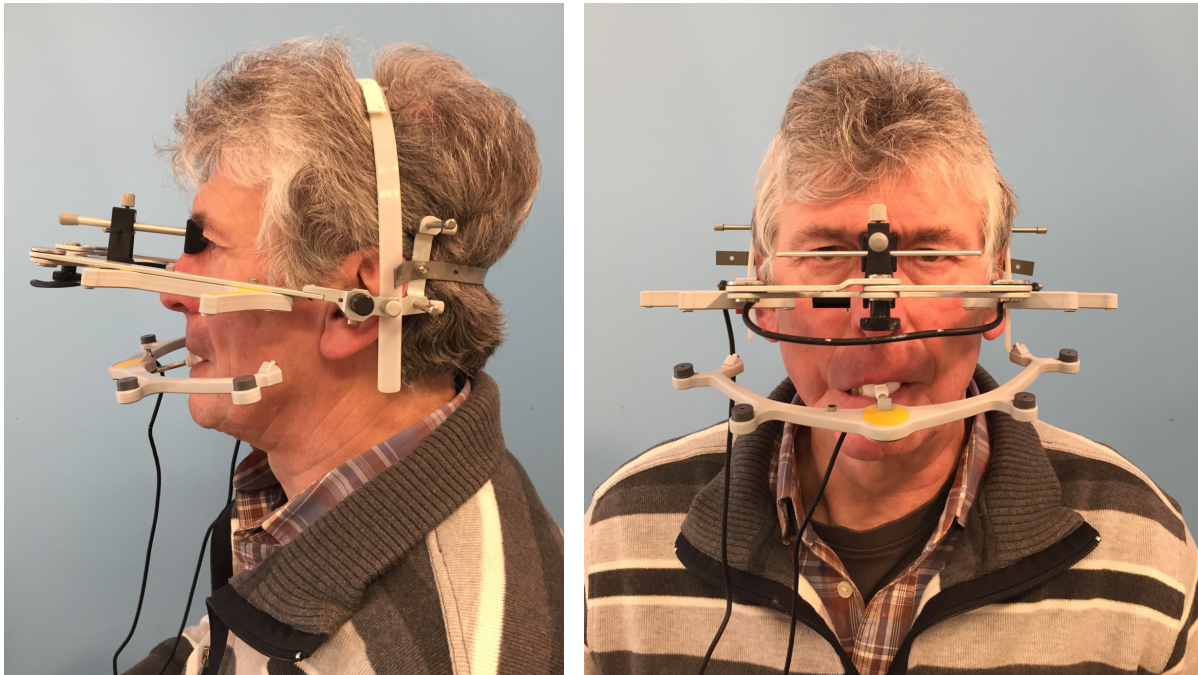


Abb. 2.3: Patient mit aufgesetztem Axiographen, links sagittal, rechts frontal.

Dem Patienten wurde vor Beginn der Durchführung der Ablauf mündlich genauestens erklärt. Für eine größere Genauigkeit wurden die Messungen dreimal wiederholt. Nach Anlegen des Axiograph SAM Axioquick® Recorders wurde der Patient gebeten, den Mund leicht zu öffnen, um die individuelle Scharnierachse festhalten zu können. Gesteuert wurde die Aufzeichnung mittels eines Fußschalters, welcher zur Registrierung betätigt werden musste. Anschließend erfolgte die Durchführung der Unterkieferbewegungen (Mundöffnung, Protrusion, Laterotrusionsbewegung nach rechts und links), die der Patient auf das Ertönen eines Signals hindurchführte. Um Fehlerquellen in dem Untersuchungsablauf zu vermeiden, wurden alle Messungen von einer Person durchgeführt. Die Aufzeichnung der Daten erfolgte mittels SAM Software des Axiographen (SAM Axioquick® Recorder Software V1.2.7, SAM® Präzisionstechnik GmbH, Gauting, Germany). Verarbeitet wurden die gewonnenen Daten mittels Windows Excel (Microsoft®Excel® für Mac 2011 Version 14.4.3 (140616); Microsoft Corporation; Redmond, WA, USA) und die statistische Auswertung erfolgte mittels „Standard Package for the Social Science“ (SPSS für Windows, release 22.0.0, 2013; SPSS Inc.; Chicago, IL, USA).

2.2.3 Einteilung der Defekte

Die mandibuläre Defekteinteilung in der vorliegenden Arbeit orientierte sich an der von Brown et al. beschriebenen, wie bereits in Einleitung in Abb. 1.3. dargestellt. Hierbei stellt die Klasse I einen lateralen Defekt dar (hinter einem Caninus, ohne dessen Einbeziehung oder die des Condylus), Klasse II eine Hemimandibulektomie (inklusive des ipsilateralen Caninus), die Klasse III einen anterioren Defekt (inklusive beider Canini) und die Klasse IV einen auf beiden Seiten den Ramus mit betreffenden Defekt dar (JS Brown et al., 2016).

2.3. Statistik

Die deskriptive Statistik der klinischen Parameter wird als Mittelwert (mm) und relative Veränderung (%) \pm der Standardabweichung angegeben. Die Variablen werden hinsichtlich der im oberen Verlauf genannten Parameter auf eine statistische Signifikanz mittels des Mann-Whitney-U Tests überprüft. Zur Analyse eines Zusammenhangs zwischen abhängiger und unabhängiger Variablen wird eine univariate Regressionsanalyse durchgeführt. Im Fall eines statistisch signifikanten Ergebnisses wird mittels einer zusätzlichen multivariaten linearen Regressionsanalyse die Einflussnahme anderer Faktoren ausgeschlossen. Das Konfidenzniveau ist mit 95% angegeben.

Das Signifikanzniveau aller statistischen Berechnungen ist mit $p = 0,05$ angegeben. Schlussfolgend waren Werte $p > 0,05$ statistisch nicht signifikant.

3. Ergebnisse

3.1. Patientenkollektiv

Insgesamt erhielten im Untersuchungszeitraum 66 Patienten eine mandibuläre Rekonstruktion mittels freiem Fibulatransplantat. Aus dieser Gruppe wurden 36 Personen aufgrund Versterbens, fehlender Bereitschaft oder Unerreichbarkeit ausgeschlossen. Des Weiteren wurden 30 gesunde, unoperierte Probanden als Vergleichsgruppe funktionell untersucht.

Die untersuchten Patienten und Probanden bestanden somit aus insgesamt 60 Personen, davon 24 weiblich und 36 männlich.

Unter den untersuchten Probanden wurden folgende Gruppen gebildet:

Gesunde Kontrollgruppe (n=30), bestand aus 18 weiblichen und 12 männlichen Probanden.

Der Altersdurchschnitt dieser Gruppe betrug zum Untersuchungszeitpunkt 49,53 Jahre.

Als gesunde Vergleichsgruppe wurden Patienten und Angestellte einer privaten Praxis, sowie Kommilitonen höheren Alters herangezogen. Es lagen keine subjektiven Beschwerden vor. Um eine höhere Genauigkeit zu erzielen, wurden, wie auch bei den operierten Probanden, alle Messungen dreimal wiederholt.

Konventionell operierte (n=14), bestanden aus 5 weiblichen Probanden und 9 männlichen Probanden.

Zum Untersuchungszeitpunkt betrug der Altersdurchschnitt dieser Gruppe 63,07 Jahre \pm 8,08.

Alle Probanden waren Patienten in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar.

CAD/CAM operierte (n=16), bestanden aus 2 weiblichen und 14 männlichen Probanden.

Der Altersdurchschnitt betrug zum Untersuchungszeitpunkt 61,94 Jahren \pm 11,64.

Auch diese Probanden waren alle Patienten der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar.

- Ergebnisse -

Die Indikationen für die mandibulären Rekonstruktionen waren (konventionell vs. CAD/CAM) OSCC in 4 vs. 5 Fällen, ORN in 7 vs. 6 Fällen, chronische OM in 1 vs. 2 Fällen, MRONJ in 0 vs. 2 Fällen, keratozystisch odontogener Tumor in 0 vs. 1 Fall und sowohl beim Ameloblastom als auch bei der radikulären Zyste in je 1 vs. 0 Fällen.

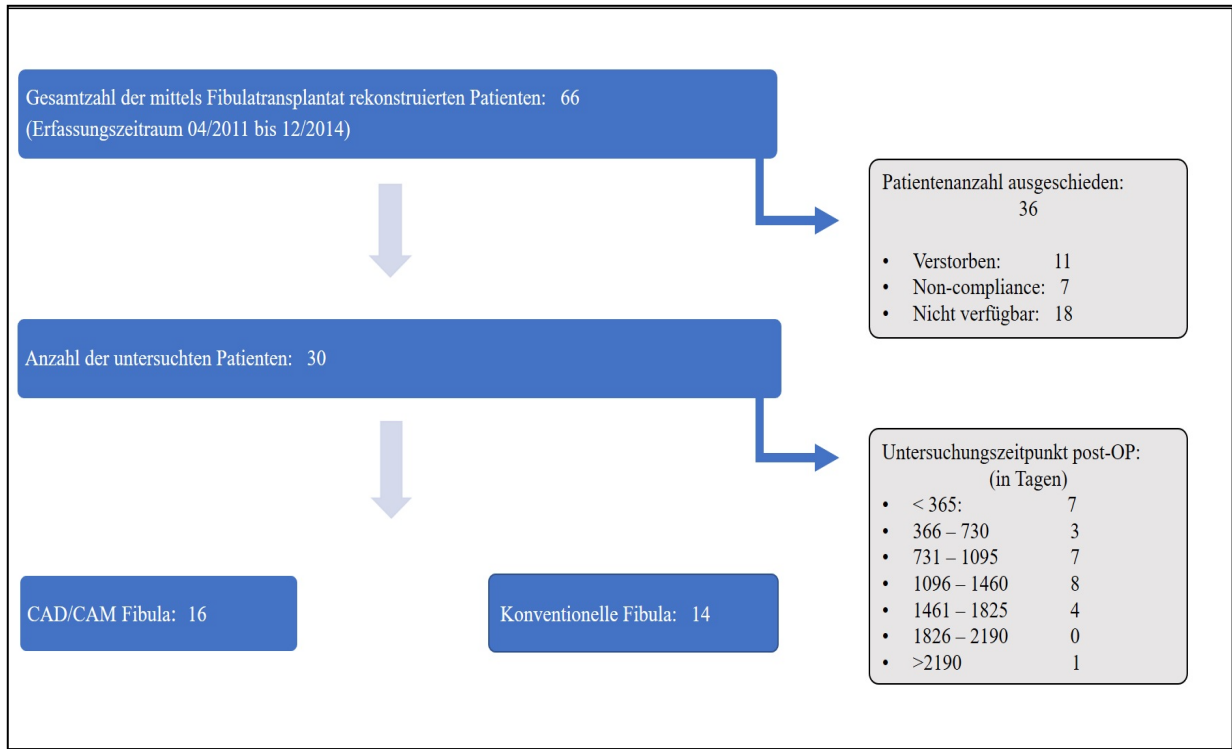


Abb. 3.1: Patientenkollektiv

Die Gründe für die mandibulären Resektionen und Rekonstruktionen waren im Kollektiv wie folgt (konventionell vs. CAD/CAM): ORN in 7 vs. 6 Fällen, OSCC in 4 vs. 5 Fällen, chronische OM in 1 vs. 2 Fällen, MRONJ in 0 vs. 2 Fällen, keratozystisch odontogener Tumor (KCOT) in 0 vs. 1 Fällen und Ameloblastom und radikuläre Zyste jeweils in 1 vs. 0 Fällen (**Abb. 3.2**).

- Ergebnisse -

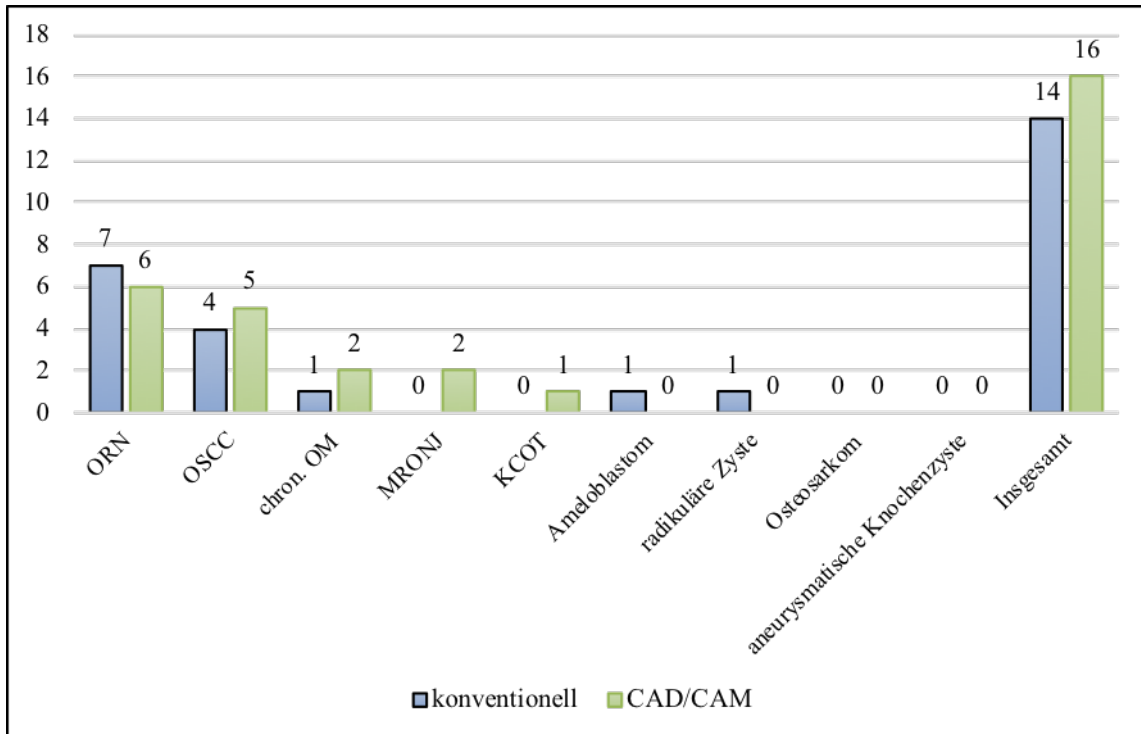


Abb. 3.2: Verteilung und Indikationen des Patientenkollektivs

Die Verteilung der möglichen Prädikatoren auf das Ergebnis lag in der konventionellen Gruppe bei 4 Fällen von OSCC und 10 Fällen von nOSCC, 7 Fällen von präoperativer Bestrahlung (RTx) und 7 Fällen ohne präoperative Bestrahlung, 5 Fällen von neoadjuvanter Bestrahlung und 9 Fällen ohne neoadjuvante Bestrahlung.

In der CAD/CAM Gruppe lag die Verteilung möglicher Prädikatoren bei 5 Fällen von OSCC und 11 Fällen von nOSCC, 7 Fällen von präoperativer Bestrahlung und 9 Fällen ohne präoperative Bestrahlung, 4 Fällen mit neoadjuvanter Bestrahlung und 12 Fällen ohne neoadjuvante Bestrahlung (**Abb. 3.3**).

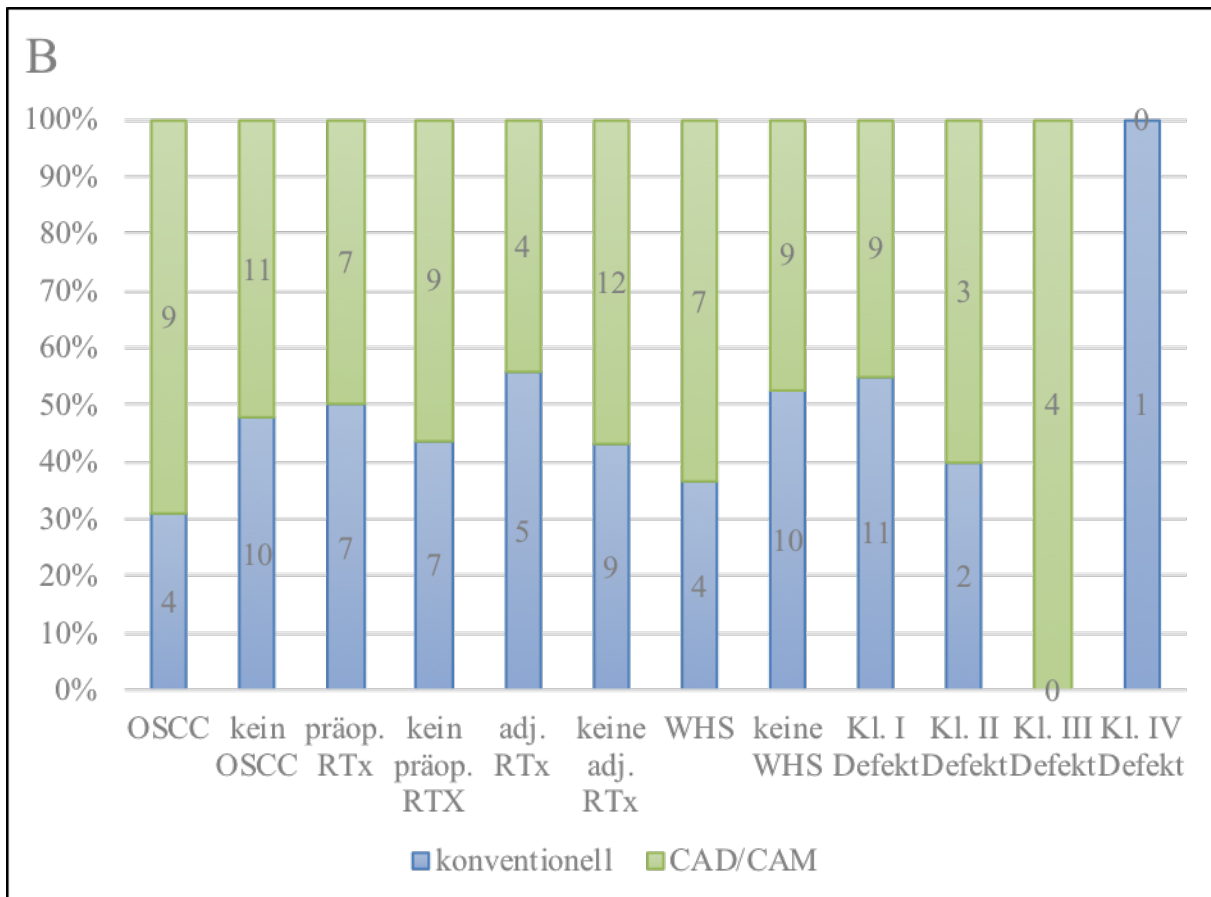


Abb. 3.3: Verteilung möglicher Störvariablen und der mandibulären Defekte beider Gruppen

3.1.1 Einteilung des Patientenkollektivs

Die Einteilung der Patientengruppen erfolgte anhand verschiedener Parameter. Verglichen wurden die Kollektive konventionell vs. CAD/CAM, Anzahl der Osteotomien (sowohl im Gesamten als auch jeweils in den einzelnen Gruppen konventionell vs. CAD/CAM), aufgetretene postoperative Wundheilungsstörungen und der postoperativen prothetischen Versorgung.

3.1.1.1. Konventionell vs. CAD/CAM

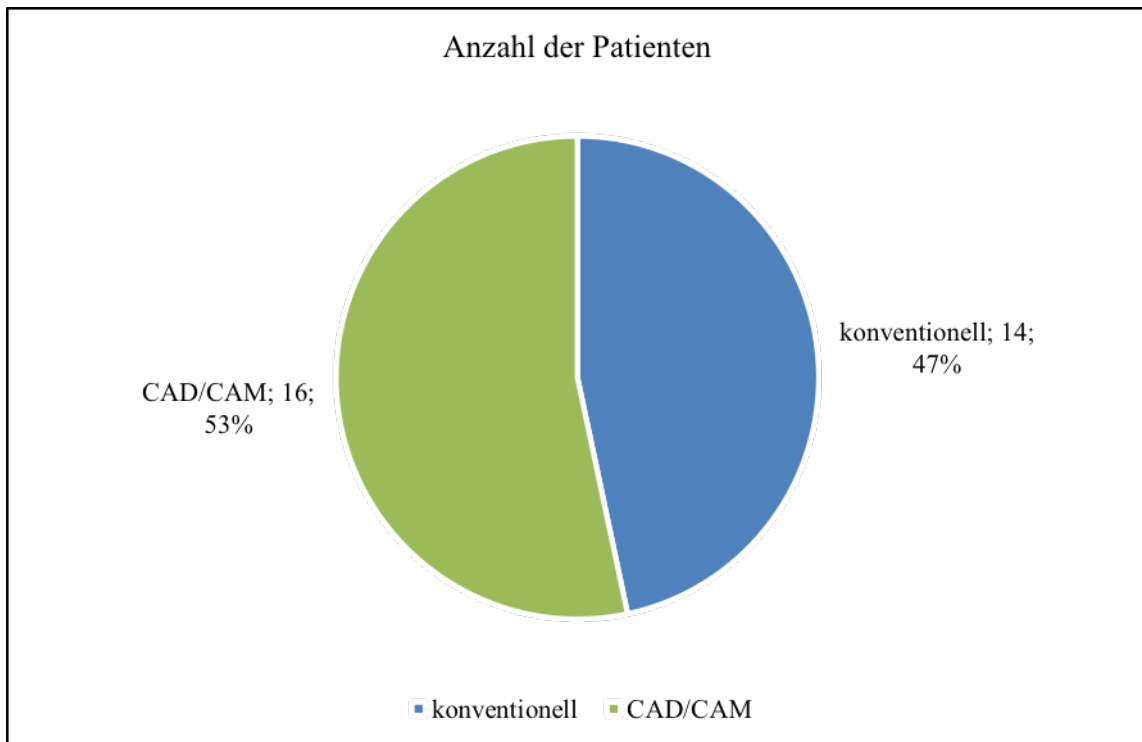


Abb. 3.4: Verteilung der Patienten nach Operationsverfahren

3.1.1.2. Anzahl der Osteotomien (gesamt)

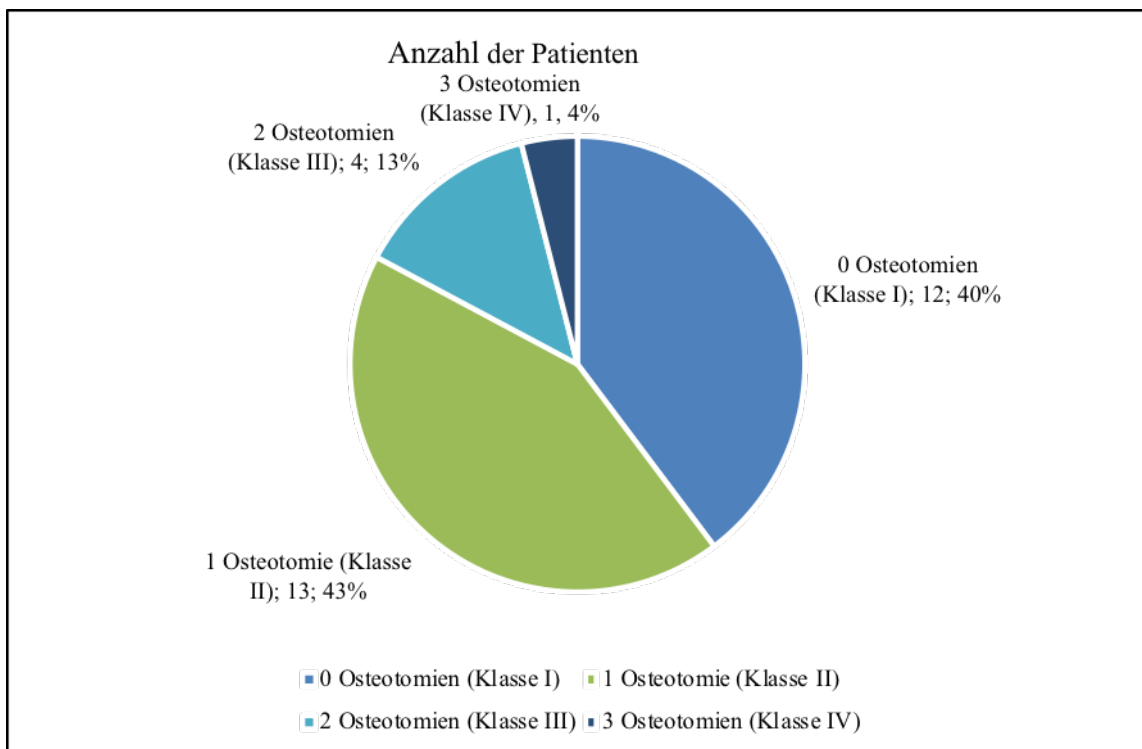


Abb. 3.5: Anzahl der vorgenommenen Osteotomien im gesamten Kollektiv

3.1.1.3. Anzahl der Osteotomien (konventionell)

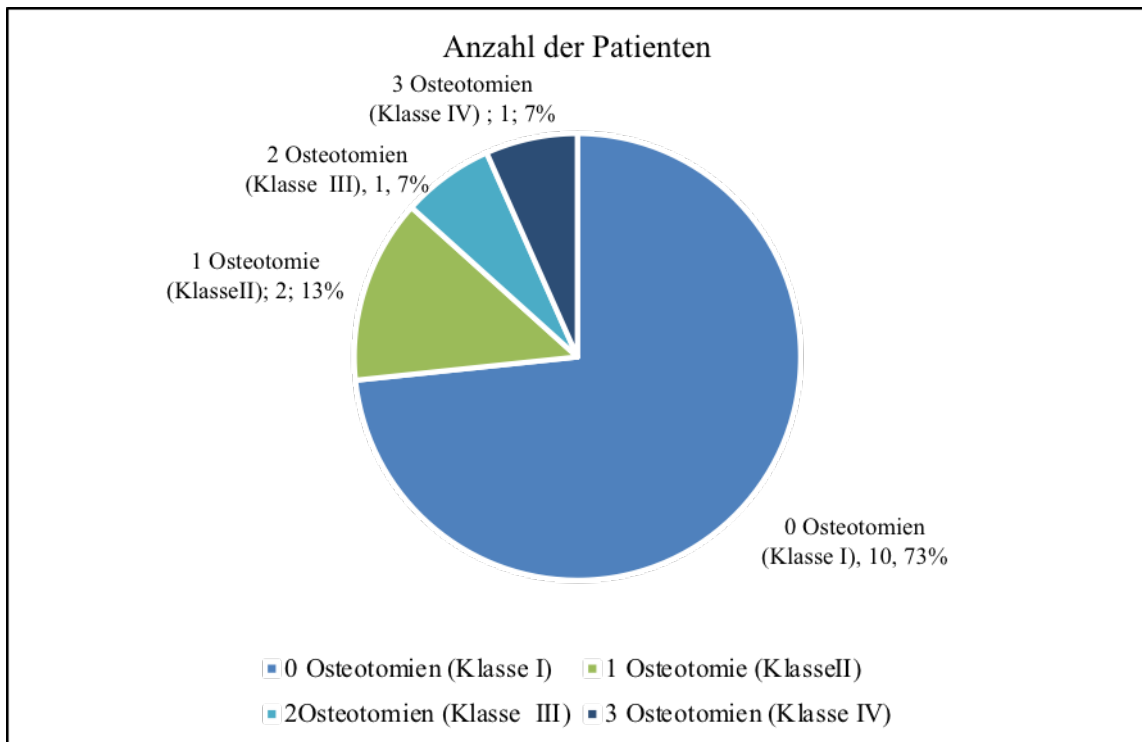


Abb. 3.6: Anzahl der vorgenommenen Osteotomien im konventionell operierten Kollektiv

3.1.1.4. Anzahl der Osteotomien (CAD/CAM)

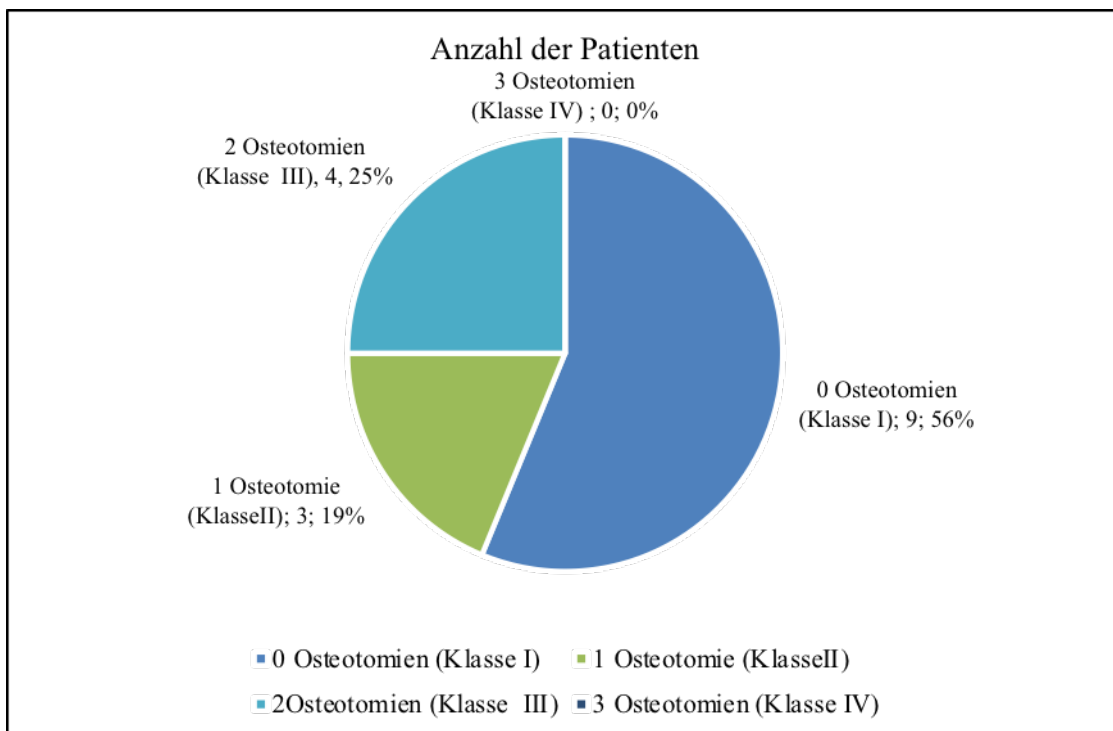


Abb. 3.7: Anzahl der vorgenommenen Osteotomien im CAD/CAM operierten Kollektiv

3.1.1.5. Wundheilungsstörungen

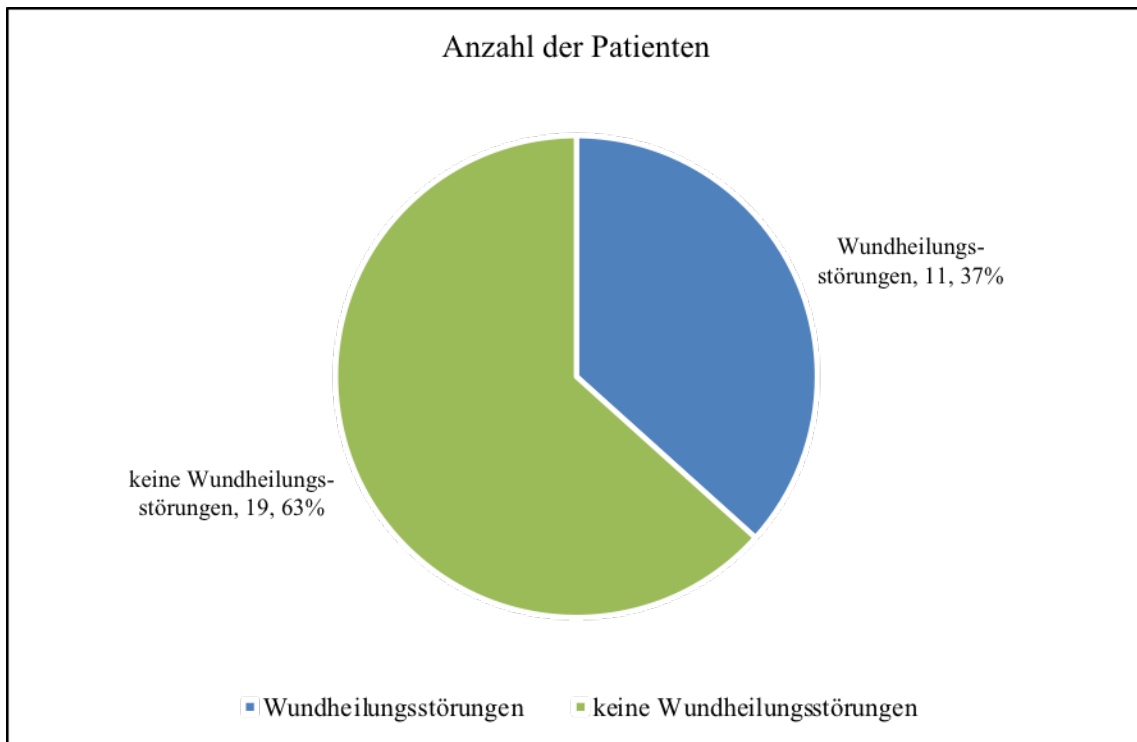


Abb. 3.7: Verteilung der Patienten nach Auftreten von Wundheilungsstörungen

3.1.1.6. postoperative prothetische Versorgung

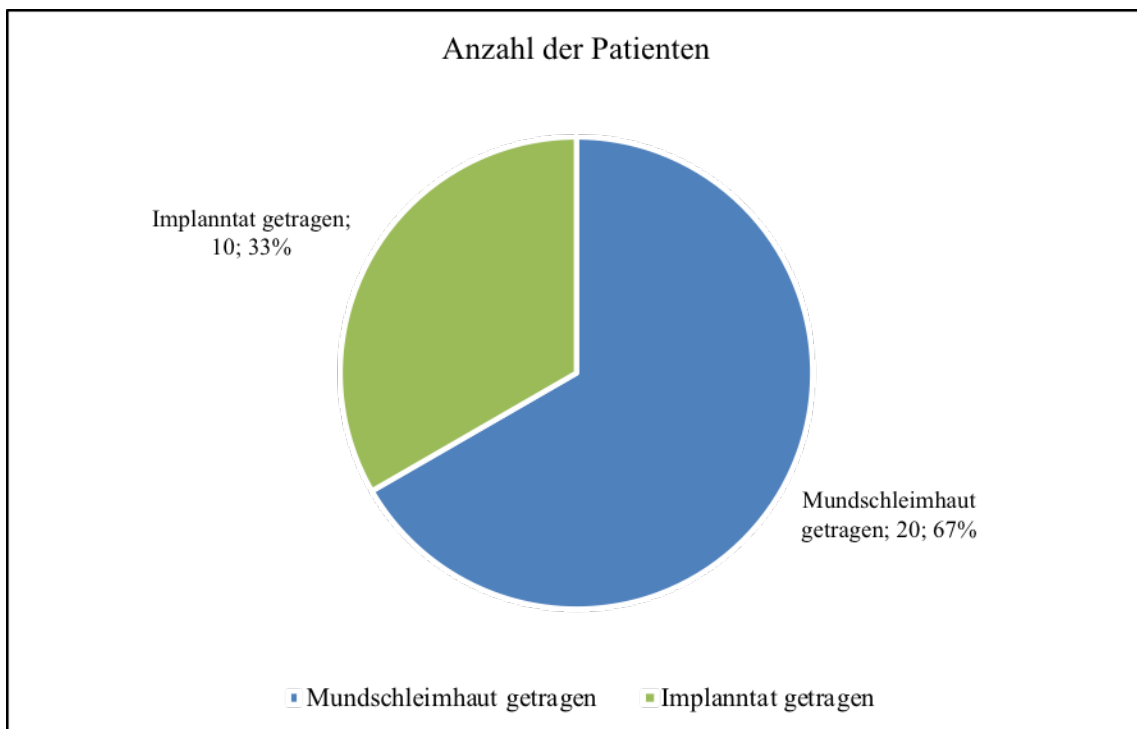


Abb. 3.8: Verteilung nach der prothetischen Versorgung im rekonstruierten Bereich

3.2. Auswertung der axiographischen Ergebnisse

Die axiographische Untersuchung und Auswertung erfolgte für ein Gesamtkollektiv von 60 Probanden, wovon 30 unterkieferrekonstruierte Patienten und 30 gesunde Probanden waren.

3.2.1. Maximale Kieferöffnung

In der konventionell operierten Gruppe betrug die maximale Kieferöffnung durchschnittlich $28,36 \pm 9,4$ mm, $30,81 \pm 11,79$ mm, in der Gruppe der CAD/CAM operierten und in der gesunden Vergleichsgruppe ergab sich ein Mittelwert von $45,27 \pm 6,29$ mm. Im Vergleich mit der gesunden Kontrollgruppe war die maximale Kieferöffnung in den Gruppen operierter Patienten signifikant reduziert (in beiden Fällen $p < 0,001$). Im direkten Vergleich der konventionellen mit der CAD/CAM Gruppe konnte keine Signifikanz festgestellt werden ($p = 0,552$) (**Tabelle 3.1**).

3.2.2. Protrusion

Die Durchschnittswerte des mandibulären Vorschubs betrugen in der konventionellen Gruppe $6,36 \pm 1,59$ mm, $6,31 \pm 2,49$ mm in der CAD/CAM Gruppe und $6,23 \pm 2,11$ mm in der gesunden Vergleichsgruppe. Für die Protrusion lag kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen vor (jeweils $p > 0,719$) (**Tabelle 3.1**).

3.2.3. Laterotrusion

Bei der Laterotrusionsbewegung nach rechts lag der Durchschnittswert in der konventionellen Gruppe bei $4,86 \pm 2,98$ mm, in der CAD/CAM Gruppe bei $6,69 \pm 3,7$ mm und bei der gesunden Gruppe bei $8,39 \pm 2,74$ mm. Hier konnte eine signifikante Reduktion in der Laterotrusionsbewegung nach rechts bei der konventionellen Gruppe im Vergleich mit der gesunden Gruppe festgestellt werden ($p = 0,001$). Im Vergleich konventionell vs. CAD/CAM und CAD/CAM vs. gesunde Gruppe ergab sich kein signifikanter Unterschied (entsprechend $p = 0,193$ und $p = 0,0054$).

Bei der Laterotrusionsbewegung nach links lag der durchschnittliche Wert in der konventionellen Gruppe bei $5,5 \pm 2,79$ mm, $6,63 \pm 2,78$ mm in der CAD/CAM Gruppe und $9,1 \pm 3,37$ mm in der gesunden Gruppe. In beiden operierten Gruppen (konventionell und CAD/CAM) ergab sich eine signifikante Reduktion der mandibulären Lateralbewegung nach links im Vergleich zu der gesunden Vergleichsgruppe (entsprechend $p = 0,002$ und $p = 0,013$).

Zwischen konventionell und CAD/CAM operierten Patienten zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Laterotrusionsbewegung nach links ($p = 0,294$) (**Tabelle 3.1**).

3.2.4. Deviation und Deflexion

Die Deviation bei Mundöffnung lag zu der rechten Seite bei $2,71 \pm 1,54$ mm und $2,21 \pm 2,12$ mm zu der linken Seite in der Gruppe der konventionell operierten. Bei den CAD/CAM operierten Patienten lag die Deviation bei $2,38 \pm 2,55$ mm zu der rechten und bei $1,75 \pm 1,29$ mm zu der linken Seite. In der gesunden Vergleichsgruppe lag die Deviation bei $1,3 \pm 1,21$ mm nach rechts und bei $1,42 \pm 1,57$ mm zur linken Seite. Der Unterschied war lediglich bei der konventionellen Gruppe im Vergleich zu der gesunden Vergleichsgruppe signifikant erhöht ($p = 0,004$).

Eine Deflexion, welche als Abweichung der Mittellinie ($d > 1$ mm) definiert wurde, lag in der konventionellen Gruppe bei $1,5 \pm 2,28$ mm nach rechts und bei $2,21 \pm 2,29$ mm nach links. In der CAD/CAM Gruppe lag die Deflexion bei $0,94 \pm 1,34$ mm zur rechten Seite und bei $1,5 \pm 2,88$ mm zur linken Seite hin. In der gesunden Gruppe wurde eine Abweichung von $0,78 \pm 1,24$ mm nach rechts und $0,53 \pm 1,01$ mm nach links gemessen.

- Ergebnisse -

Messungen	Konventionell (n=14)		CAD/CAM (n=16)		Gesund (n=30)	
	Mittelwert	±SA	Mittelwert	±SA	Mittelwert	±SA
Kieferöffnung	28,36	±9,4	30,81	±11,7 9	45,27	±6,29
Protrusion	6,36	±1,59	6,31	±2,49	6,23	±2,11
Laterotrusion rechts	4,86	±2,98	6,69	±3,7	8,39	±2,74
Laterotrusion links	5,5	±2,79	6,63	±2,78	9,1	±3,37
	Konventionell vs. CAD/CAM		Konventionell vs. Gesund		CAD/CAM vs. Gesund	
	p-Wert		p-Wert		p-Wert	
Kieferöffnung	0,552		< 0,001*		< 0,001*	
Protrusion	0,79		0,719		1	
Laterotrusion rechts	0,193		0,001*		0,054	
Laterotrusion links	0,294		0,002*		0,013*	

Tabelle 3.1: Ergebnisse von konventionell und CAD/CAM operierten Patienten im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe (s* = Signifikant)

3.3. Klinische Parameter

Die durchschnittliche Operationszeit betrug bei den konventionellen Gruppe $551,29 \pm 89,64$ Minuten, bei der CAD/CAM Gruppe waren es $526,63 \pm 75,42$ Minuten ($p = 0,697$).

Der stationäre Aufenthalt der Patienten betrug durchschnittlich bei der konventionellen Gruppe $20,93 \pm 11,53$ Tage, hingegen bei der CAD/CAM Gruppe $16,94 \pm 5,72$ Tage ($p = 0,58$).

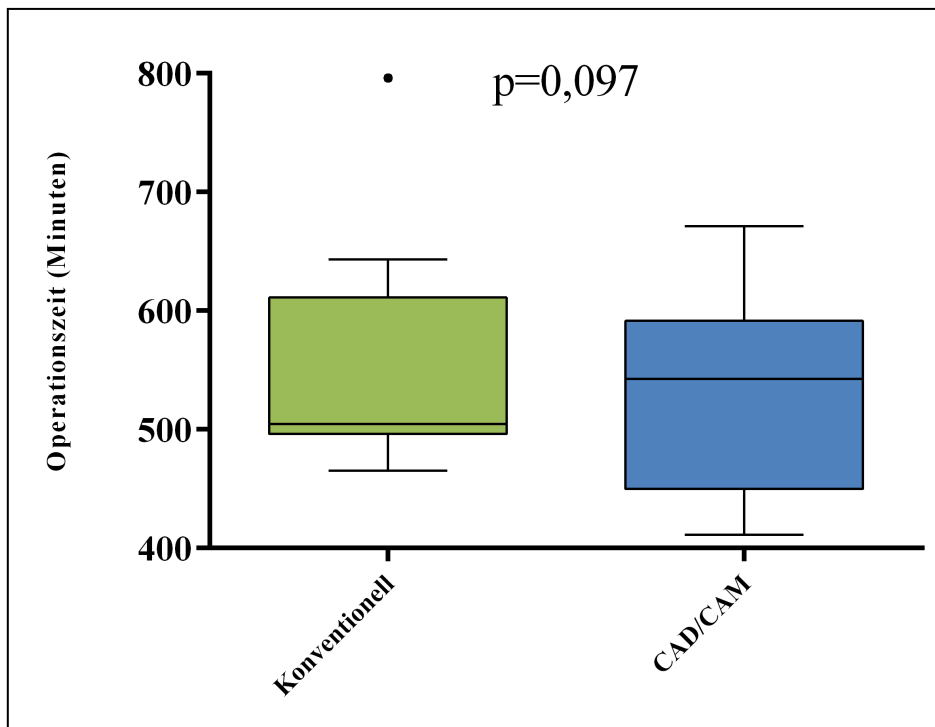


Abb. 3.9: Vergleich der Operationszeiten der konventionellen mit der CAD/CAM Gruppe

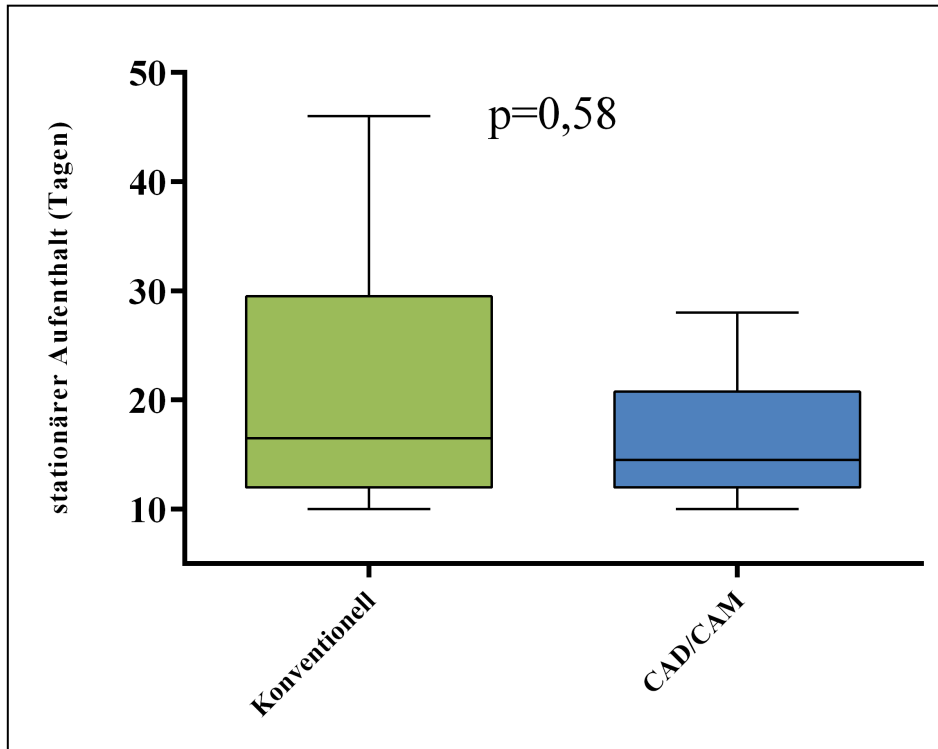


Abb. 3.10: Vergleich der Dauer des stationären Aufenthaltes der konventionellen vs. der CAD/CAM Gruppe in Tagen

3.4. Auswertung des CMD-Fragebogens

Zum Untersuchungszeitpunkt lagen Kiefergelenkschmerzen bei drei Patienten (21%) in der konventionellen Gruppe vor, bei der CAD/CAM Gruppe waren es acht Patienten (50%) und in der gesunden Vergleichsgruppe vier Probanden (13%). Das Aufkommen von Kiefergelenkschmerzen war in der CAD/CAM Gruppe im Vergleich zu der gesunden Gruppe signifikant erhöht ($p = 0,008$). Kiefergelenksgeräusche in Form eines Knackens oder Reibens waren bei zwei Patienten (14%) der konventionellen Gruppe vorhanden, in einem Patienten (6%) der CAD/CAM Gruppe und in 15 Probanden (50%) der gesunden Vergleichsgruppe. Das Auftreten von Kiefergelenksgeräuschen war in der Gruppe der gesunden Probanden signifikant erhöht im Vergleich zu der konventionellen und CAD/CAM Gruppe ($p = 0,025$ und $p = 0,003$). Verspannungen im Bereich der Kiefergelenke lagen bei vier Patienten (28%) der konventionellen Gruppe vor, bei drei Patienten (18%) der CAD/CAM Gruppe und bei sieben Probanden (23%) der Vergleichsgruppe. Es bestand statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen.

3.5. Univariate lineare Regressionsanalyse

In der Gruppe der konventionell operierten Patienten konnte anhand der univariaten Regressionsanalyse eine signifikante Korrelation zwischen den Prädiktoren adjuvante Bestrahlung (adj. RTx), maximale Kieferöffnung und der Laterotrusion nach rechts festgestellt werden. Es ergab sich ein Signifikanzwert von $p = 0,047$ bei einem 95-prozentigen Konfidenzintervall (CI) von $-9,29 > CI > -0,075$ für die Gruppe adjuvant bestrahlter Patienten in Korrelation mit der Kieferöffnung. In Korrelation zur RTx ergab sich für die Laterotrusionsbewegung nach rechts ein Signifikanzwert von $p = 0,028$ mit einem 95-prozentigen Konfidenzintervall von $-6,57 > CI > -0,45$. Hingegen konnte für die anderen axiographischen Messgrößen Protrusion ($p = 0,555$; 95% CI -2,55 bis 1,44) und Laterotrusion links ($p = 0,637$; 95% CI -2,72 bis 4,28) keine statistische Signifikanz erkannt werden. Weder die Entität (OSCC vs. nOSCC), noch die präoperative Bestrahlung, die Anzahl der Osteotomien oder das Aufkommen von Wundheilungsstörungen hatten einen signifikanten Einfluss auf die Messergebnisse (**Tabelle 3.2**).

In der CAD/CAM Gruppe konnte bei der Auswertung der erhobenen Daten eine signifikante Korrelation zwischen der präoperativen Bestrahlung und der maximalen Kieferöffnung festgestellt werden. Hier ergab sich ein Signifikanzwert von $p = 0,044$ bei einem 95-prozentigen Konfidenzintervall von $-9,17 > CI > -0,15$. Ebenfalls zeigte sich eine Korrelation zwischen den Prädiktoren Plattenepithelkarzinom der Mundhöhle (OSCC) und Anzahl der Osteotomien mit der Vorschubbewegung des Unterkiefers (Protrusion) ($p = 0,016$; 95% CI -5,49 bis -0,66, bzw. $p = 0,028$; 95% CI 0,24 bis 3,51). Für die übrigen axiographischen Messgrößen maximale Kieferöffnung ($p = 0,135$; 95% CI -22,62 bis 3,38, bzw. $p = 0,887$; 95% CI -8,63 bis 9,88), Laterotrusion rechts ($p = 0,633$; 95% CI -5,39 bis 3,39, bzw. $p = 0,409$; 95% CI -1,71 bis 3,96) und Laterotrusion links ($p = 0,695$; 95% CI -3,93 bis 2,69, bzw. $p = 0,464$; 95% CI -1,39 bis 2,89) konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang hergestellt werden. Die übrigen Prädiktoren wie die adj. RTx und das Auftreten von Wundheilungsstörungen hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Messergebnisse (**Tabelle 3.2**).

- Ergebnisse -

Prädikatoren	Mundöffnung		Protrusion		Laterotrusion rechts		Laterotrusion links	
	Konv.	CAD/CAM	Konv.	CAD/CAM	Konv.	CAD/CAM	Konv.	CAD/CAM
	p-Wert u. CI	p-Wert und CI	p-Wert u. CI	p-Wert und CI	p-Wert u. CI	p-Wert und CI	p-Wert u. CI	p-Wert und CI
OSCC vs. nOSCC	0,747 -14,46 bis 10,66	0,135 -22,62 bis 3,38	0,881 -2,92 bis 1,99	0,016* -5,49 bis 0,66	0,057 -6,72 bis 0,123	0,633 -5,39 bis 3,39	0,144 -0,97 bis 5,87	0,695 -3,93 bis 2,69
RTx	0,34 -6,86 bis 2,56	0,044* -9,17 bis -0,15	0,138 -3,05 bis 0,48	0,461 -1,77 bis 3,71	0,496 -2,401 bis 4,69	0,981 -4,09 bis 4,19	0,787 -3,81 bis 2,95	0,682 -3,69 bis 2,49
Adj. RTx	0,047* -9,29 bis -0,075	0,535 -19,32 bis 10,49	0,555 -2,55 bis 1,44	0,052 -5,53 bis 0,03	0,028* -6,57 bis -0,45	0,683 -5,63 bis 3,79	0,637 -2,72 bis 4,28	0,921 -3,73 bis 3,39
Osteotomien	0,172 -2,16 bis 10,796	0,887 -8,63 bis 9,88	0,879 -1,11 bis 1,28	0,028* 0,24 bis 3,51	0,732 -1,86 bis 2,75	0,409 -1,71 bis 3,96	0,147 -0,55 bis 3,26	0,464 -1,39 bis 2,89
WHS	0,129 -19,96 bis 2,86	0,395 -18,101 bis 7,59	0,617 -2,62 bis 1,62	0,674 -3,33 bis 2,22	0,057 -6,72 bis 0,123	0,815 -4,59 bis 3,67	0,842 -3,39 bis 4,09	0,914 -2,95 bis 3,27

Abkürzungen:
 Konv. = konventionell; CAD/CAM= computer aided design and computer aided manufacturing;
 OSCC = oral squamous cell carcinoma; nOSCC = non-oral squamous cell carcinoma; vs. = versus;
 WHS = Wundheilungsstörungen; RTx = Bestrahlung; CI = Konfidenzintervall; adj. = adjuvant

Tabelle 3.2: Univariate lineare Regressionsanalyse von beeinflussenden Faktoren auf das funktionelle Ergebnis

3.6. Multivariate lineare Regressionsanalyse und Korrelationsanalyse

In der konventionellen Gruppe ergab die multivariate lineare Regressionsanalyse eine signifikante Korrelation zwischen den Prädikatoren adj. RTx und Anzahl der Osteotomien und der maximalen Kieferöffnung. Es zeigte sich, dass die maximale Kieferöffnung bei Patienten mit adj. RTx oder einer erhöhten Anzahl an Osteotomien signifikant reduziert war. Hier ergaben sich Signifikanzwerte von $p = 0,032$ bzw. $p = 0,035$ bei einem 95- prozentigen Konfidenzintervall von $-38,32 > CI > -2,29$ bzw. $0,58 > CI > 11,88$. Ebenfalls hatten die Prädikatoren Entität, präoperative Bestrahlung, adjuvante Bestrahlung und die Anzahl der Osteotomien einen signifikanten Einfluss auf die Laterotrusionsbewegung nach links ($p = 0,005$; 95% CI 4,11 bis 17,05, bzw. $p = 0,046$; 95% CI 0,08 bis 6,84, bzw. $p = 0,016$; 95% CI -11,76 bis -1,60, bzw. $p = 0,043$; 95% CI 0,06 bis 3,25). Das Auftreten von Wundheilungsstörungen war der einzige Prädikator ohne signifikante Korrelation zu den axiographischen Messungen (**Tabelle 3.3**).

Bei der CAD/CAM Gruppe konnte anhand der multivariaten linearen Regressionsanalyse eine signifikante Korrelation zwischen der adjuvanten Bestrahlung und der maximalen Kieferöffnung hergestellt werden. Es ergab sich ein Signifikanzwert von $p = 0,002$ bei einem

- Ergebnisse -

95-prozentigen Konfidenzintervall von $-32,65 > CI > -10,09$. Auch die Entität und die Anzahl an Osteotomien zeigten einen signifikanten Einfluss auf die Protrusion ($p = 0,029$; 95% CI -9,82 bis -0,66, bzw. $p = 0,008$; 95% CI 0,721 bis 3,64).

Zwischen den Prädiktoren adjuvante Bestrahlung und dem Auftreten von Wundheilungsstörungen und den axiographischen Messungen in dieser Gruppe bestanden keine signifikanten Korrelationen (**Tabelle 3.3**).

Prädiktoren	Mundöffnung		Protrusion		Laterotrusion rechts		Laterotrusion links	
	Konv.	CAD/CAM	Konv.	CAD/CAM	Konv.	CAD/CAM	Konv.	CAD/CAM
	p-Wert u. CI	p-Wert und CI	p-Wert u. CI	p-Wert und CI	p-Wert u. CI	p-Wert und CI	p-Wert u. CI	p-Wert und CI
OSCC vs. nOSCC	0,13 -6,15 bis 39,73	0,13 -33,69 bis 5,04	0,732 -6,29 bis 4,61	0,029* -9,82 bis -0,66	0,642 -6,08 bis 9,31	0,653 -14,92 bis 9,79	0,005* 4,11 bis 17,05	0,566 -11,54 bis 6,89
RTx	0,916 -11,42 bis 12,55	0,002* -32,65 bis -10,09	0,123 -4,97 bis 0,72	0,909 -2,81 bis 2,53	0,741 -3,43 bis 4,62	0,986 -7,26 bis 7,14	0,046* 0,08 bis 6,84	0,73 -6,15 bis 4,46
Adjuv. RTx	0,032* -28,32 bis -2,29	0,646 -36,61 bis 23,76	0,645 -5,17 bis 3,39	0,492 -4,86 bis 9,43	0,112 -10,72 bis 1,37	0,792 -16,92 bis 21,59	0,016* -11,76 bis 1,60	0,795 -12,49 bis 15,90
Osteotomien	0,035* 0,58 bis 11,88	0,388 -3,67 bis 8,65	0,94 -1,29 bis 1,39	0,008* 0,721 bis 3,64	0,166 -0,64 bis 3,15	0,438 -2,50 bis 5,35	0,043* 0,06 bis 3,25	0,43 -1,83 bis 3,97
WHS	0,050 -20,92 bis 0,00	0,444 -8,39 bis 17,73	0,944 -2,65 bis 2,41	0,701 -2,54 bis 3,64	0,081 -6,55 bis 0,47	0,872 -8,95 bis 7,72	0,212 -4,69 bis 1,21	0,919 -5,86 bis 6,43

Abkürzungen:
 Konv. = konventionell; CAD/CAM= computer aided design and computer aided manufacturing;
 OSCC = oral squamous cell carcinoma; nOSCC = non-oral squamous cell carcinoma; vs. = versus;
 WHS = Wundheilungsstörungen; RTx = Bestrahlung; CI = Konfidenzintervall; adj. = adjuvant

Tabelle 3.3: Multivariate lineare Regressionsanalyse

4. Diskussion

4.1. Konventionelle versus CAD/CAM assistierte Fibulatransplantate zur Unterkieferrekonstruktion – ein erkennbarer Fortschritt?

4.1.1. Diskussion der Ergebnisse

Die Einbindung der CAD/CAM Technologie zusammen mit der Verwendung des Fibulatransplantates in der Rekonstruktion von Unterkieferdefekten hat sich aus heutiger Sicht als Standard etabliert (R Sieira Gil et al., 2015; A Tarsitano et al., 2016; J Weitz et al., 2016). Die Vorteile der CAD/CAM assistierten Operationen hinsichtlich verkürzter Operationszeit, genauerer und besserer Passung der knöchernen Segmente sowie einer verkürzten Ischämiezeit bei osteokutanen Lappen, konnten bereits in diversen Studien dargelegt werden (BD Foley et al., 2013; YY Wang et al., 2016). Der Aspekt der funktionellen Rehabilitation bzw. des kaufunktionellen Ergebnisses nach präoperativ virtuell geplanter mandibulärer Rekonstruktion ist bisher kaum erforscht (M Kaariainen et al., 2016), weshalb wir in unserer retrospektiven Studie dieser Thematik konkret nachgegangen sind. Die Fragestellung war dabei, wie sich dieses Verfahren im Vergleich zum konventionellen Operationsverfahren darstellt und ob sich funktionelle Vorteile oder Unterschiede feststellen lassen.

Im Gegensatz zu den Daten der Literatur (A Tarsitano et al., 2016; YY Wang et al., 2016), in der sich durch das CAD/CAM Verfahren eine deutlich verkürzte Operationszeit und ein verkürzter Krankenhausaufenthalt abzeichnet, zeigte sich in unserer Studie hinsichtlich dieser Aspekte kein signifikanter Unterschied der CAD/CAM Gruppe im Vergleich zu der konventionell operierten Gruppe ($p = 0,697$ und $p = 0,58$). Dies könnte auf einen bereits hohen chirurgischen Standard bei konventionellen Unterkieferrekonstruktionen mittels freiem Fibulatransplantat hindeuten (KD Wolff et al., 1996). Eine Erkenntnis, die sich auch bei anderen chirurgischen Verfahren zeigt, dass die Erfahrung des Operateurs von großer Bedeutung ist. CAD/CAM geplante und unterstützte Operationen werden teilweise von jüngeren unerfahrenen Chirurgen durchgeführt, was sich auf die durchschnittliche Ergebnisqualität nachteilig auswirken kann. Trotz fehlender eindeutiger Signifikanz zeigt sich in unserer Studie lediglich eine positive Tendenz, gerade auch hinsichtlich verkürzter Operationszeit und verkürztem stationären Aufenthalt (A Tarsitano et al., 2016).

Eine weitere Fragestellung war, ob es durch CAD/CAM geplante Rekonstruktionen eine bessere Angleichung an die anatomischen Konturen des Unterkiefers gibt, als bei

konventionell durchgeführten Rekonstruktionen mit freiem Fibulatransplantat. Es konnte durch Wang et al. belegt werden, dass mittels präoperativer Planung eine genauere Abschätzung des benötigten Knochens sowie eine verbesserte Formanpassung erreicht werden kann, mit einer hohen Übereinstimmung zwischen der Planung und dem Operationssitus (H Hanken et al., 2015; YY Wang et al., 2016). Damit geht die Frage einher, ob es durch eine genauere Anpassung auch zu einer vermehrten Anzahl an Osteotomien kommt. Hierzu findet sich in unseren Ergebnissen kein signifikanter Anstieg der Osteotomien in der CAD/CAM Gruppe verglichen mit der konventionellen Gruppe.

Das Auftreten von Komplikationen in Form von Wundheilungsstörungen ist ein bekanntes, hinreichend beschriebenes Risiko bei umfangreichen Rekonstruktionen. Nach Studienlage liegt die Zahl der Wundheilungsstörungen etwa bei 4-34% bei Patienten mit freien mikrovaskulären Transplantaten. Von den aufgetretenen Wundheilungsstörungen fallen 8-21% auf freie Fibulatransplantate (CC Wu et al., 2014; JN Lodders et al., 2016). Unsere Ergebnisse zeigen ein Auftreten von Wundheilungsstörungen bei 28,57% in der konventionellen Gruppe und bei 43,75% in der CAD/CAM Gruppe ($p = 0,498$). In dieser Arbeit wurden aufgetretene Wundheilungsstörungen in Vorliegen einer Fistelung, insuffizienten Anastomose, Wunddehiszenz und Osteosyntheselockerung unterteilt. Eine mögliche Erklärung für die doch große Diskrepanz zwischen unseren Ergebnissen und anderer Studien ist die autorenabhängige Definition der Wundheilungsstörungen. So wurden bei Wu et al. die Parameter für eine auftretende Wundheilungsstörung allgemein gefasst wie beispielsweise, ob es zu einem Lappenverlust oder zu Komplikationen an der Entnahmestelle gekommen ist (CC Wu et al., 2014). Hingegen zeigte die Arbeit von van Gemert et al. sogar ein häufigeres Auftreten von Wundheilungsstörungen (53%) als es in der vorliegenden Arbeit der Fall war, da sogar kleinste Parameter, wie beispielsweise extra- und intraorale Wunddehiszenzen, Nachblutungen, insuffiziente Anastomosen, Osteonekrosen oder Plattenfrakturen, erhoben wurden (JTM van Gemert et al., 2018). Sugiura et al. kamen aufgrund einer rein dichotomen Erfassung auf eine noch höhere Prozentzahl an Komplikationen von 75%, wobei auch kleinste Wundheilungsstörungen erfasst wurden, die ggf. in anderen Studien nicht als solche erfasst wurden (Y Sugiura et al., 2018).

Interessanterweise hatten weder die Anzahl der Osteotomien noch auftretende Wundheilungsstörungen Einfluss auf die spätere funktionelle Rehabilitation.

4.1.2. Ausblick

Die CAD/CAM assistierten Verfahren haben sich heute, auch im Vergleich zu konventionellen Operationsverfahren, durch ein hohes Maß an Präzision und Planungssicherheit bei der mandibulären Rekonstruktion als Standard etabliert (RH Schepers et al., 2016; YY Wang et al., 2016) und werden auch in Zukunft nicht wegzudenken sein. Die mandibuläre Rekonstruktion unter Berücksichtigung des gewünschten prothetischen Ergebnisses durch vollständige Planung der dentalen Rehabilitation vor Unterkieferrekonstruktionen gilt als Erfolgsschlüssel für die orale Rehabilitation (M August et al., 1998). Diese ist jedoch aufgrund der Komplexität der Rekonstruktion unter Berücksichtigung der Weichteilverhältnisse derzeit noch nicht in vollem Umfang möglich.

4.2. Klinische und funktionelle Kiefergelenksanalyse

4.2.1. Axiographische Auswertung konventionell vs. CAD/CAM assistierter

Ein Großteil der bisher veröffentlichten Arbeiten befasst sich mit der postoperativen Analyse der generellen Funktionen, wie der Möglichkeit der verbalen Artikulation, der Fähigkeit der selbständigen oralen Nahrungsaufnahme und dem Erscheinungsbild des Patienten (DA Hidalgo et al., 2002; FW Virgin et al., 2010). Hidalgo et al. fanden heraus, dass ca. 75% der Patienten, deren Unterkieferdefekt mittels Fibulatransplantat rekonstruiert wurde, sich zehn Jahre postoperativ selbständig normal ernähren konnten und im Hinblick auf die Aussprache und das Erscheinungsbild gute Ergebnisse erzielt werden konnten (DA Hidalgo et al., 2002). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollten darüber hinaus Untersuchungen zu Auswirkung und Einschränkungen auf die Funktion der operierten Strukturen des Unterkiefers durchgeführt werden. Dazu kamen die Techniken der konventionellen sowie der instrumentellen Funktionsanalyse zur Anwendung. Die klassische Funktionsanalyse mittels Axiographie dient der dreidimensionalen Kondylenbahnaufzeichnung bei der Unterkieferbewegung (R Slavicek, 1988; JC Turp et al., 1996). In der vorliegenden Arbeit wurden hierbei folgende Parameter axiographisch erfasst:

- die maximale Kieferöffnung (maximale Schneidekantensistanz)
- die Protrusionsbewegung
- die Laterotrusionsbewegung
- die Öffnungsbewegung (Deviation und Deflexion)

Gallagher et al. beschrieben, dass die durchschnittliche maximale Kieferöffnung bei Gesunden bei 42 mm lag mit einer Geschlechterverteilung von 43 mm bei Männern und 41 mm bei Frauen (C Gallagher et al., 2004). Das stimmt mit den Werten der Arbeitsgruppe von Lehmann et al. überein, die eine durchschnittlich maximale Kieferöffnung bei 40 mm - 50 mm beschrieben (KM Lehmann et al., 2012). Wenn man sich an diesen Parametern orientiert, so lag der Durchschnittswert unserer gesunden Kontrollgruppe genau im Mittelfeld mit $45,27 \pm 6,29$ mm. Die maximale Kieferöffnung der CAD/CAM und konventionellen Gruppe lag mit $30,81 \pm 11,79$ mm und $28,36 \pm 9,4$ mm durchschnittlich deutlich unter dem Wert der Gesunden, jedoch ohne signifikanten Unterschied ($p = 0,552$) zwischen beiden operierten Gruppen. Als Ursache für die postoperative Einschränkung kommen zum einen Narbenzüge oder postoperative bestrahlungsbedingte Fibrosen in Betracht (J Yarnold et al., 2010), zum anderen eine alters- oder krankheitsbedingte präoperativ bereits vorhandene Einschränkung der Mundöffnung

(C Gallagher et al., 2004). Nach Gernet et al. liegt eine Hypomobilität bei einer Schneidekantendistanz von < 40 mm vor (W Gernet, 2007). Der Mittelwert für die Protrusion liegt nach Bauer und Gutowski bei 7-10 mm (A Bauer et al., 1975).

Der Durchschnittswert der Protrusion liegt in dieser Studie bei den operierten Gruppen unter dem Referenzwert, jedoch ohne signifikanten Abfall zu der Vergleichsgruppe (CAD/CAM vs. konventionell $p = 0,79$; CAD/CAM vs. gesund $p = 0,719$; konventionell vs. gesund ($p = 1$)). Die Mittelwerte der Laterotrusionsbewegungen waren im Vergleich zu der gesunden Gruppe signifikant reduziert (konventionell vs. gesund Laterotrusion rechts $p = 0,001$ und Laterotrusion links $p = 0,002$; CAD/CAM vs. gesund Laterotrusion links $p = 0,013$).

Geht man bei der Mittellinienabweichung des Unterkiefers in der Kieferöffnung (Deviation) und bei dem Endpunkt des Unterkiefers nach Kieferöffnung (Deflexion) von der Definition von Otzl et al. und der DGZMK aus (P Otzl et al., 2005), so spricht man von einer entsprechenden Abweichung bei mehr als 2 mm. Entsprechend lag bei den untersuchten Patienten in 16% (5/30) eine Deflexion nach rechts und bei 30% (9/30) eine Deflexion nach links vor. In der gesunden Vergleichsgruppe lag die Deflexion nach rechts bei 36% (11/30) und nach links bei 26% (8/30). Tritt eine Mittellinienabweichung während der Mundöffnung auf, so ist sie häufig Zeichen einer Kompensationsreaktion des kontralateralen Kiefergelenks bei einem einseitigen Ramushöhenverlust bei mandibulären Kondylarfrakturen (U Eckelt et al., 2006; C Sforza et al., 2011). Ähnlich kann es sich nach einer mandibulären Rekonstruktion mit Ramusbeteiligung darstellen. Dieses war jedoch nicht Gegenstand dieser Studie und müsste daher weiter erforscht werden. Bei der Deviation mit

Mittellinienabweichung mit Rückkehr in die Medianebene lag die Abweichung bei 53% (16/30) nach rechts und bei 30% (9/30) nach links. Die gesunde Vergleichsgruppe zeigte eine Abweichung nach rechts in 30% (9/30) und eine Abweichung nach links in 20% (6/30) der Fälle.

4.2.2. Einflussfaktoren der funktionellen Rehabilitation

In unseren statistischen Analysen zeigte sich ein erheblicher Einfluss diverser Prädikatoren auf die postoperative Unterkieferbewegung in beiden der untersuchten Gruppen. In der konventionellen Gruppe hatte die adjuvante Bestrahlung (adj. RTx) einen signifikanten Einfluss auf die postoperative Mundöffnung sowie die Laterotrusion. Es ist bereits in der Literatur beschrieben, dass eine postoperative Strahlentherapie und mandibuläre Tumoren den größten negativen Effekt auf die Mundöffnung haben und damit die Gefahr der Entstehung eines Trismus erhöhen (JW Wetzels et al., 2014). Auch Mücke et al. bestätigen in ihrer Studie, dass eine bereits vorausgegangene Neckdissektion und oder Strahlentherapie zu einer reduzierten Rehabilitationstendenz der kaufunktionellen Parameter führt (T Mücke et al., 2012). Hier zeichnete sich in unserer Studie ein insofern interessantes Bild ab, als dass die postoperative Bestrahlung lediglich signifikant Einfluss auf die konventionelle Gruppe hatte ($p = 0,047$). Die adj. RTx hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Mundöffnung in der CAD/CAM Gruppe unserer Studie, auch wenn die Nebenwirkungen allgemein bei Patienten mit Kopf- und Halstumoren bereits eindeutig bekannt und belegt sind (R Lee et al., 2012; A Scherpenhuizen et al., 2015).

Die präoperative Bestrahlung hingegen hatte signifikanten Einfluss auf die Kieferöffnung in der CAD/CAM Gruppe ($p = 0,044$). Ebenfalls fielen in dieser Gruppe die Prädikatoren der Entität und der Anzahl der Osteotomien bei der Protrusion signifikant ins Gewicht. In der Prädikatorengruppe non-oral squamous cell carcinoma (nOSCC) war die Osteoradionekrose die am häufigsten gestellte Diagnose 61% (13/21) und geht im Allgemeinen mit einer langen Krankheitsgeschichte, konservativer Therapie und bis zur Notwendigkeit von umfangreichen Rekonstruktionen, mit kleineren chirurgischen Eingriffen einher (MM Hanasono et al., 2009). Aufgrund der veränderten genetische Situation der Haut und dem daraus folgenden schlechteren Wundheilungspotential, stellt diese Patientengruppe eine besondere chirurgische Herausforderung dar, besonders nach bereits vorgegangener Neckdissektion (MM Hanasono et al., 2009; T Mücke et al., 2012; S Koerdt et al., 2016). Wenn auch ohne Signifikanz, zeigt

sich bei 70% (7/9) der Patienten mit der Diagnose Plattenepithelkarzinom (OSCC) 30% (9/30) eine subjektiv empfundene Limitation bei der Mundöffnung.

Interessant ist auch die Tatsache, dass dem Auftreten von Wundheilungsstörungen keine statistisch signifikante Einflussnahme auf die Kiefergelenksbewegung zugewiesen werden konnte, weder in der konventionellen, noch in der CAD/CAM Gruppe.

Gleichzeitig konnte aber auch keine Reduktion der Inzidenz von Wundheilungsstörungen durch die Integration des CAD/CAM Verfahrens in unserem Patientengut festgestellt werden, gleichwohl aber ein scheinbar positiver Einfluss auf das funktionelle Ergebnis.

4.2.3. Gesundes Probandengut vs. operiertes Patientengut

Obwohl die dentale Okklusion, anders als von Türp et al. vermutet, nur für einen geringen Teil der Craniomandibulären Dysfunktionen (CMD) verantwortlich ist, ist eine einwandfrei funktionelle prothetische Versorgung von essentieller Bedeutung für eine kau- und sprachfunktionelle Wiederherstellung der Patienten (JC Turp et al., 2012). Andererseits gibt es Nachweise in der Literatur, dass aus ätiologischer und klinischer Sicht nicht okklusale Faktoren von größerer Relevanz für CMD Erkrankungen sind (AG Pullinger et al., 2000). Aus diesem Grund wird die Ätiologie für CMD Befunde als multifaktoriell beschrieben (D Manfredini et al., 2011). Als prädisponierende, initiierende und anhaltende Ursachen für CMD Erkrankungen wurden unter anderem systematische, metabolische, strukturelle, traumatische, psychologische, soziale und verhaltensbezogene Einflüsse identifiziert (GA Zarb et al., 1995). Schmerzen im temporomandibulären Bereich, Schmerzen sowie Verspannungen der Kaumuskulatur und des Kiefergelenks während der Palpation, Limitationen bei der Mundöffnung oder Einschränkungen der Unterkieferbeweglichkeit und Reibegeräusche der Kiefergelenks sind charakteristisch für CMD (G Carlsson et al., 1995). Nach epidemiologischen Studien liegt die Prävalenz der CMD in der Bevölkerung geschlechterunabhängig bei 3% - 15% (TT Dao et al., 2000). In unserer gesunden Kontrollgruppe lag bei 20 % (6/30) der Probanden ein CMD Befund vor, wovon vier kiefergelenksbezogen (66%) und zwei muskulär (33%) waren.

Di Paolo et al. haben in einer Studie Patienten mit CMD Befunden vor und nach orthognather Chirurgie untersucht und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass Beschwerden im Zusammenhang mit CMD postoperativ geringer ausfallen, wenn diese durch einen

multidisziplinären Ansatz bereits präoperativ behandelt worden sind (C di Paolo et al., 2017). Der Kern dieser Studie wirft einen interessanten Aspekt für diese Arbeit auf, nämlich den eines besseren kaufunktionellen Ergebnisses nach resektiver/rekonstruktiver Chirurgie durch präoperative CMD-Behandlung. Aufgrund der häufigen Malignität der Läsionen und der hohen Behandlungsdringlichkeit der Patienten in dieser Studie und grundsätzlich in der Tumorchirurgie, sind einem solchen Vorgehen leider Grenzen gesetzt. Jedoch kann durch umfassendere präoperative Diagnostik über die Notwendigkeit einer möglichen präoperativen CMD-Behandlung entschieden werden. Hierbei stehen sowohl die klinische Funktionsanalyse (W Krogh-Poulsen et al., 1966) als auch die manuelle Strukturanalyse, wie von Ottil et al. in die Arbeitsanleitung 2005 der DGZMK zur Erhebung der „klinischen Funktionsdiagnostik und Therapie“ aufgenommen, zur Verfügung (P Ottil et al., 2005). Die Strukturanalyse liefert bei richtiger Anwendung genauere Erkenntnisse zu den Ursachen der eingeschränkten Funktion, da bei der klinischen Funktionsanalyse die Kieferbewegung bezogen auf das Kiefergelenk aufgezeichnet und erfasst werden. Die Strukturen (i.e. die Muskulatur), die für die Einschränkung verantwortlich sind, werden nicht gezielt erfasst.

Eine präoperative CMD-Analyse wäre bei Patienten, die eine sekundäre Rekonstruktion bei ORN oder MRONJ benötigen, sicherlich sinnvoll und vor allem zeitlich möglich, um eventuell vorhandene CMD/muskuläre Parafunktionen vor einer knöchernen Rekonstruktion zu ermitteln und ggf. zuvor zu therapieren. Zusätzlich zu dem von Schepers et al. aufgezeigten prothetisch-funktionellen Vorteilen der präoperativen 3D Planung bei sekundären Rekonstruktionen mittels Fibulatransplantaten mit direkt inserierten dentalen Implantaten, würde eine zusätzliche CMD-Behandlung vermutlich ein noch besseres Ergebnis der kaufunktionellen Rehabilitation für den Patienten bedeuten (RH Schepers et al., 2016).

4.2.3.1. Ausblick

Anhand dieser Feststellung liegt der Schluss nahe, dass die alleinige klinische Funktionsanalyse sinnvollerweise durch eine manuelle Strukturanalyse (MSA) ergänzt werden sollte. Dieses Screening dient dazu, bei gesunden Menschen kompensierte Störungen aufzudecken, die sich zum Beispiel nach kieferorthopädischer Behandlung oder prothetischer Rekonstruktion verstärkt manifestieren und die deswegen besser erkannt und vorbehandelt werden können. Aus diesem Grund sollte die Überlegung angestellt werden, ob in dem zu operierendem Patientengut nicht auch durch Anwendung der präventiven MSA eine bessere Ausgangslänge geschaffen werden kann, die dann auch zu einer besseren funktionellen

Rehabilitation führt. Hier unter dem Aspekt, dass im Rahmen geplanter dreidimensionaler, rekonstruktiver Maßnahmen sofern möglich, vor dem operativen Eingriff eine entsprechende manual- und physiotherapeutische Vorbehandlung erfolgt, um dadurch die postoperative Funktion positiv zu beeinflussen und verbessern. Aus den von der MSA abgeleiteten Ergebnissen lässt sich auch die Empfehlung aussprechen, dass zur Verbesserung der postoperativen Funktion neben der prothetischen Rekonstruktion, eine manual-/physiotherapeutische Nachsorge entscheidend zu einem besseren Ergebnis beiträgt.

4.3. Restaurative Versorgung – Implantat- vs. Mundschleimhaut-getragen

Die Tumorchirurgie hat als primäres Behandlungsziel die Resektion maligner wie auch benigner Läsionen und die Rekonstruktion der dadurch entstandenen Defekte. Darüberhinausgehend zielt die rekonstruktive Chirurgie gleichzeitig auf ein funktionelles sowie ästhetisch zufriedenstellendes Ergebnis ab (W Smolka et al., 2005). Die restaurative Versorgung spielt dabei im Hinblick auf die Ästhetik durch Wiederherstellung der vertikalen Untergesichtshöhe eine entscheidende Rolle. Die kauffunktionelle Wiederherstellung des Mund-, Kiefer- und Gesichtsareals eines Patienten, im Sinne der Nahrungsaufnahme, des Schluckaktes und der Sprache, ist eines der Hauptziele einer mandibulärer Rekonstruktion (K Smolka et al., 2008; S Linsen et al., 2009) sei, es durch festsitzenden Implantat-getragenen oder einen herausnehmbaren Schleimhaut-getragenen Zahnersatz. Die Ergebnisse der funktionellen Wiederherstellung hinsichtlich der Kaufunktion, des Schluckaktes und der Artikulation sind in der Literatur bereits mehrfach beschrieben (A Gbara et al., 2007; G Raoul et al., 2009; D Sozzi et al., 2017). So zeigte sich bei Patienten mit Schleimhaut-getragenen Prothesen ein zufriedenstellendes Ergebnis im Bezug auf die Aussprache sowie den Schluckakt, was ebenfalls auf die Implantat-gestützten Lösungen zutraf (JA Tang et al., 2008). Die Kaufunktion konnte in den meisten Fällen mit der Implantat-getragenen Lösung zur vollen Zufriedenheit der Patienten hergestellt werden. Im Vergleich dazu erzielte die Schleimhaut-getragene bei der kauffunktionellen Wiederherstellung ein unbefriedigenderes Ergebnisse (JA Tang et al., 2008; L Ciocca et al., 2015). Die Untersuchung und Befragung unserer Patientengruppe ergab diesbezüglich vergleichbare Ergebnisse.

In einer Arbeit von Menapace et al. zeigte sich, dass eine primäre Implantation bei der knöchernen Rekonstruktion eine vergleichbare Komplikationsrate hatte, wie bei Patienten mit sekundärer Implantatversorgung (DC Menapace et al., 2018). Unter dem Gesichtspunkt der schnelleren kauffunktionellen Rehabilitation scheint die CAD/CAM assistierte Rekonstruktion

mittels Fibulatransplantat vorteilhaft, da eine simultane geführte Insertion von enossalen Implantaten durchgeführt werden kann. Hinsichtlich eines zweizeitigen Vorgehens empfahl Chiapasco et al. einen zeitlichen Abstand von ca. 6 – 12 Monaten zur Rekonstruktion einzuhalten, um das knöcherne Remodelling sowie die muskuläre Heilung abzuwarten (M Chiapasco et al., 2000). Auch wenn eine konventionelle Prothese aus kaufunktioneller Sicht schlechter zu bewerten ist, so ist es eine sinnvolle Vorgehensweise, Patienten primär mit einer solchen zu versorgen, um einerseits die funktionellen Parameter der eingesetzten Versorgung und die orofazialen Strukturen des Patienten beurteilen zu können und um andererseits einen gewissen Kontrollzeitraum zu haben, um eventuelle Rezidive oder Metastasen innerhalb des ersten Jahres erkennen zu können, bevor man die sekundären Implantationen durchführt (N Garrett et al., 2006). Hauptprobleme sowohl für die orale Rehabilitation mit konventionellen Prothesen als auch für Implantat-getragene Prothesen (primär oder sekundär implantiert) sind nicht so sehr die Osseointegration in einem knöchernen Lager, sondern vielmehr die weichgewebliche Situation im Sinne eines Gewebeüberschusses nach Rekonstruktion an mobilem und teilweise hypertrophen Weichgewebe, wie auch die bei großen Transplantaten häufig durchgeführte adjuvante Bestrahlung (YM Chang et al., 1999; B Anne-Gaelle et al., 2011; VV Kumar et al., 2016). Um hier einen langfristigen Erhalt der inserierten Implantate zu erreichen, bedarf es eines adäquaten Weichgewebsmanagements zur Vermeidung periimplantärer Entzündungen. Dies kann durch die bewährten Verfahren der Vestibulumplastik mit oder ohne Spalthauttransplantat, oder des freien Schleimhauttransplantates aus dem Gaumen erreicht werden. Das Ziel dabei ist keratinisiertes und festes gingivales Gewebe um die Implantate zu schaffen und sie somit unter anderem vor Zugbelastungen der Muskulatur auf das periimplantäre Gewebe zu schützen (YM Chang et al., 1999; L Ciocca et al., 2008). Des Weiteren ist ein korrekatives Weichgewebsmanagement zur Gewährleistung einer entsprechenden Hygienefähigkeit unerlässlich, die, wenn nicht oder nur unzureichend vorhanden, ebenfalls zu periimplantären Entzündungen und damit verbundenen knöchernen Resorptionen führt. Dies kann bei fehlender Compliance der Patienten oder Ausbleiben entsprechender Behandlungsmaßnahmen schlussendlich auch zum Verlust der Implantate und derer Suprakonstruktionen führen (M Chiapasco et al., 2006), wie aber auch das freie Knochentransplantat an sich gefährden.

Bezogen auf unsere Untersuchungen mit der klinischen Funktionsanalyse zeigten die verschiedenen restaurativen Versorgungsformen keine Unterschiede hinsichtlich der überprüften Funktionsparameter.

Darüberhinausgehende Untersuchungen bezüglich postoperativer Kaukräfte wurden in unserer Studie nicht durchgeführt.

4.4. Limitationen

Als Limitationen der vorliegenden Arbeit sind die Patientenzahl, das Untersuchungsintervall und fehlende präoperative Funktionsdiagnostik zu nennen. Hinsichtlich der Patientenzahlen konnten statt der für die Studie in Frage kommenden 66 Patienten lediglich 30 Patienten untersucht werden, da die übrigen aufgrund von Versterben, Non-Compliance oder fehlender Erreichbarkeit nicht einbezogen werden konnten. Zum anderen lag bei der Studie eine erhebliche Differenz des zeitlichen Abstandes zwischen Operations- und postoperativem Untersuchungszeitpunkt der einzelnen Patienten vor.

Eine Limitation, die sich bei der Ausarbeitung der Ergebnisse zeigte war, dass es für eine umfassende Funktionsanalyse sehr umfangreiche Parameter gibt und wir in der vorliegenden Arbeit die Grundparameter mit Fokus auf die apparative Diagnostik und gelenksassoziierten Parameter erhoben haben. Die muskulären und weichgeweblichen Strukturen wurden hier nicht erfasst.

Eine weitere Limitation der vorliegenden Arbeit besteht darin, dass vor durchgeführter OP kein Funktionsstatus erhoben wurde und daher die vorliegenden Ergebnisse nur mit Einschränkung gesehen werden können, wenn man die Werte einer gesunden Vergleichsgruppe herbeizieht.

Insofern lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie lediglich als ein Trend verstehen und sollten präoperative Diagnostiken ergänzt werden.

5. Zusammenfassung

Ziel der Dissertation war es mittels klinischer und funktioneller Kiefergelenksanalyse die funktionellen Ergebnisse nach CAD/CAM assistierter versus konventioneller Unterkieferrekonstruktion mit mikrovaskulären Fibulatransplantaten zu vergleichen. In der Literatur sind funktionelle Analysen, die mit einer reproduzierbaren und objektiven Methode die craniomandibuläre und kaufunktionelle Rehabilitation erfassen, kaum dokumentiert. Aus diesem Grund haben wir in dieser Studie die entsprechenden Parameter mit der apparativen Axiographie erhoben.

Insgesamt wurden 30 Patienten retrospektiv im Zeitraum von März 2014 bis April 2016 in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Klinikums rechts der Isar der TU München untersucht. Zusätzlich wurden 30 gesunde Probanden als Vergleichsgruppe untersucht. Die Gruppe der 30 operierten Patienten teilte sich in 14 konventionell und 16 CAD/CAM assistierte Unterkieferrekonstruktionen auf.

Beim Vergleich der in dieser Studie untersuchten chirurgisch relevanten Parameter zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen für die Operationszeit und den postoperativen stationären Aufenthalt. Auch hinsichtlich der funktionsanalytischen Parameter zeigten sich keine Unterschiede, was das Auftreten von postoperativen Kiefergelenksbeschwerden, -knacken oder -verspannungen (jeweils $p > 0,05$) anbelangt. Es ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der beiden Gruppen bei der Auswertung der axiographischen Messungen. Sowohl die maximale Kieferöffnung, als auch die Pro- und Laterotrusionsbewegungen unterschieden sich nicht signifikant (jeweils $p > 0,05$), waren jedoch im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe deutlich reduziert.

Mit Hilfe der univariaten Regressionsanalyse konnte in der konventionellen Gruppe ein Zusammenhang der postoperativen Bestrahlung und einer reduzierten Kieferöffnung sowie Laterotrusionsbewegung hergestellt werden ($p = 0,047$ und $p = 0,028$). Die multivariate Regressionsanalyse stellte in dieser Gruppe einen signifikanten Einfluss der ursprünglichen Diagnose und Anzahl der Osteotomien auf die Laterotrusion fest ($p = 0,005$ und $p = 0,043$).

In der CAD/CAM Gruppe zeigte sich durch uni- und multivariate Regressionsanalyse ein signifikanter Einfluss der ursprünglichen Diagnose, der präoperativen Bestrahlung und der

Anzahl der Osteotomien sowohl auf die Protrusion als auch eine veränderte Mundöffnung ($p = 0,044$ und $p = 0,028$).

Zusammenfassend zeigt sich in unserer Studie, dass die CAD/CAM assistierte Rekonstruktion dem Patienten ein mit der konventionellen Technik vergleichbares langfristiges, zufriedenstellendes und funktionelles Ergebnis liefert. Die virtuelle präoperative Planung und Schablonen-geführte Operation bietet dem Operateur jedoch ein höheres Maß an Präzision und höhere operative Sicherheit, die letztlich dem Patienten zu Gute kommt. Des Weiteren liegt der Nutzen für den Patienten zum einen hinsichtlich des chirurgischen Eingriffs in teilweise kürzerer Operationszeit und kürzeren stationären Aufenthalten, zum anderen hinsichtlich der Rehabilitation in einem besseren Ergebnis was Form, Ästhetik und Funktion anbelangt. Um letztendlich Nutzen aus den gewonnenen Erkenntnissen zu ziehen, sollte zukünftig eine präoperative CMD-Behandlung eingeleitet werden, sofern klinisch und zeitlich vertretbar, um eventuell vorhandene CMD/muskuläre Parafunktionen vor einer knöchernen Rekonstruktion zu ermitteln und ggf. zuvor zu therapieren.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Ahlers M. O., Freesmeyer W., Göz G., Jakstat H., Koeck B., Meyer G., Ottl P. and Reiber Th S. W. 2003. Klinische Funktionsanalyse. Gemeinsame Stellungnahme der DGZMK und der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und-therapie in der DGZMK. Dtsch Zahnärztl 2003 58
- 2 Anne-Gaelle B., Samuel S., Julie B., Renaud L. and Pierre B. 2011. Dental implant placement after mandibular reconstruction by microvascular free fibula flap: current knowledge and remaining questions. Oral Oncol 12 47: 1099-104
- 3 August M., Bast B., Jackson M. and Perrott D. 1998. Use of the fixed mandibular implant in oral cancer patients: a retrospective study. J Oral Maxillofac Surg 3 56: 297-301
- 4 Bauer A., Gutowski A. and Mack H. Gnathologie: Einführung in Theorie und Praxis. 1975
- 5 Boisserée W. and Schupp W. Kraniomandibuläres und muskuloskelettales System: funktionelle Konzepte in der Zahnmedizin, Kieferorthopädie und Manualmedizin. 2012
- 6 Brown J. S., Barry C., Ho M. and Shaw R. 2016. A new classification for mandibular defects after oncological resection. Lancet Oncol 1 17: e23-30
- 7 Bumann A., Lotzmann U. and Rateitschak K. H. Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. 2000
- 8 Buncke H. J. 1991. Microsurgery: Transplantation-replantation: an Atlas-text
- 9 Carlsson G. and LeResche L. 1995. Temporomandibular disorders and related pain conditions. Sessle, BJ 211-226
- 10 Chang Y. M., Chan C. P., Shen Y. F. and Wei F. C. 1999. Soft tissue management using palatal mucosa around endosteal implants in vascularized composite grafts in the mandible. Int J Oral Maxillofac Surg 5 28: 341-3
- 11 Chiapasco M., Abati S., Ramundo G., Rossi A., Romeo E. and Vogel G. 2000. Behavior of implants in bone grafts or free flaps after tumor resection. Clin Oral Implants Res 1 11: 66-75
- 12 Chiapasco M., Biglioli F., Autelitano L., Romeo E. and Brusati R. 2006. Clinical outcome of dental implants placed in fibula-free flaps used for the reconstruction of maxillo-mandibular defects following ablation for tumors or osteoradionecrosis. Clin Oral Implants Res 2 17: 220-8
- 13 Ciocca L., Corinaldesi G., Marchetti C. and Scotti R. 2008. Gingival hyperplasia around implants in the maxilla and jaw reconstructed by fibula free flap. Int J Oral Maxillofac Surg 5 37: 478-80

- 14 Ciocca L., Mazzoni S., Fantini M., Persiani F., Marchetti C. and Scotti R. 2012. CAD/CAM guided secondary mandibular reconstruction of a discontinuity defect after ablative cancer surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 8 40: e511-5
- 15 Ciocca L., Tarsitano A., Mazzoni S., Gatto M. R., Marchetti C. and Scotti R. 2015. Evaluation of Masticatory Efficiency and QoL Improvements After Prosthetic Rehabilitation of Mandibular Cancer Patients Reconstructed with a Fibula Free Flap. *Int J Prosthodont* 4 28: 418-24
- 16 Cooper B. C. and International College of Cranio-Mandibular O. 2011. Temporomandibular disorders: A position paper of the International College of Cranio-Mandibular Orthopedics (ICCMO). *Cranio* 3 29: 237-44
- 17 Cooper B. C. and Kleinberg I. 2007. Examination of a large patient population for the presence of symptoms and signs of temporomandibular disorders. *Cranio* 2 25: 114-26
- 18 Cornelius C. P., Giessler G. A., Wilde F., Metzger M. C., Mast G. and Probst F. A. 2016. Iterations of computer- and template assisted mandibular or maxillary reconstruction with free flaps containing the lateral scapular border - Evolution of a biplanar plug-on cutting guide. *J Craniomaxillofac Surg* 3 44: 229-41
- 19 Dao T. T. and LeResche L. 2000. Gender differences in pain. *J Orofac Pain* 3 14: 169-84; discussion 184-95
- 20 di Paolo C., Pompa G., Arangio P., di Nunno A., Di Carlo S., Rosella D., Papi P. and Cascone P. 2017. Evaluation of Temporomandibular Disorders before and after Orthognathic Surgery: Therapeutic Considerations on a Sample of 76 Patients. *J Int Soc Prev Community Dent* 2 7: 125-129
- 21 Dinham G. A. 1984. Myocentric. A clinical appraisal. *Angle Orthod* 3 54: 211-7
- 22 Dworkin S. F., LeResche L. and Von Korff M. R. 1990. Diagnostic studies of temporomandibular disorders: challenges from an epidemiologic perspective. *Anesth Prog* 2-3 37: 147-54
- 23 Eckelt U., Schneider M., Erasmus F., Gerlach K. L., Kuhlisch E., Loukota R., Rasse M., Schubert J. and Terheyden H. 2006. Open versus closed treatment of fractures of the mandibular condylar process-a prospective randomized multi-centre study. *J Craniomaxillofac Surg* 5 34: 306-14
- 24 Foley B. D., Thayer W. P., Honeybrook A., McKenna S. and Press S. 2013. Mandibular reconstruction using computer-aided design and computer-aided manufacturing: an analysis of surgical results. *J Oral Maxillofac Surg* 2 71: e111-9
- 25 Gallagher C., Gallagher V., Whelton H. and Cronin M. 2004. The normal range of mouth opening in an Irish population. *J Oral Rehabil* 2 31: 110-6
- 26 Garrett N., Roumanas E. D., Blackwell K. E., Freymiller E., Abemayor E., Wong W. K., Gerratt B., Berke G., Beumer J., 3rd and Kapur K. K. 2006. Efficacy of conventional and implant-supported mandibular resection prostheses: study overview and treatment outcomes. *J Prosthet Dent* 1 96: 13-24

- 27 Gbara A., Darwich K., Li L., Schmelzle R. and Blake F. 2007. Long-term results of jaw reconstruction with microsurgical fibula grafts and dental implants. *J Oral Maxillofac Surg* 5 65: 1005-9
- 28 Gernet W. *Zahnärztliche Prothetik*. 2007
- 29 Gonzalez-Castro J., Petrisor D., Ballard D. and Wax M. K. 2016. The double-barreled radial forearm osteocutaneous free flap. *Laryngoscope* 2 126: 340-4
- 30 Gonzalez-Garcia R., Naval-Gias L., Rodriguez-Campo F. J., Munoz-Guerra M. F. and Sastre-Perez J. 2008. Vascularized free fibular flap for the reconstruction of mandibular defects: clinical experience in 42 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2 106: 191-202
- 31 Hanasono M. M., Barnea Y. and Skoracki R. J. 2009. Microvascular surgery in the previously operated and irradiated neck. *Microsurgery* 1 29: 1-7
- 32 Hanken H., Schablowsky C., Smeets R., Heiland M., Sehner S., Riecke B., Nourwali I., Vorwig O., Grobe A. and Al-Dam A. 2015. Virtual planning of complex head and neck reconstruction results in satisfactory match between real outcomes and virtual models. *Clin Oral Investig* 3 19: 647-56
- 33 Harashina T., Nakajima H. and Imai T. 1978. Reconstruction of mandibular defects with revascularized free rib grafts. *Plast Reconstr Surg* 4 62: 514-22
- 34 He Y., Zhang Z. Y., Zhu H. G., Wu Y. Q. and Fu H. H. 2011. Double-barrel fibula vascularized free flap with dental rehabilitation for mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 10 69: 2663-9
- 35 Hidalgo D. A. 1989. Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1 84: 71-9
- 36 Hidalgo D. A. and Pusic A. L. 2002. Free-flap mandibular reconstruction: a 10-year follow-up study. *Plast Reconstr Surg* 2 110: 438-49; discussion 450-1
- 37 Hjorting-Hansen E. 2002. Bone grafting to the jaws with special reference to reconstructive preprosthetic surgery. A historical review. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1 6: 6-14
- 38 Horiuchi K., Hattori A., Inada I., Kamibayashi T., Sugimura M., Yajima H. and Tamai S. 1995. Mandibular reconstruction using the double barrel fibular graft. *Microsurgery* 7 16: 450-4
- 39 Hou J. S., Chen M., Pan C. B., Wang M., Wang J. G., Zhang B., Tao Q., Wang C. and Huang H. Z. 2012. Application of CAD/CAM-assisted technique with surgical treatment in reconstruction of the mandible. *J Craniomaxillofac Surg* 8 40: e432-7
- 40 Hülse M., Losert-Bruggner B., Schöttl R. and Zawadzki W. 2003. Neuromuskulär ausgerichtete Bisslagebestimmung mit Hilfe niedrigfrequenter transkutaner elektrischer Nervenstimulation. *Manuelle Medizin* 2 41: 120-128

- 41 Jewer D. D., Boyd J. B., Manktelow R. T., Zuker R. M., Rosen I. B., Gullane P. J., Rotstein L. E. and Freeman J. E. 1989. Orofacial and mandibular reconstruction with the iliac crest free flap: a review of 60 cases and a new method of classification. *Plast Reconstr Surg* 3 84: 391-403; discussion 404-5
- 42 Kaariainen M., Kuuskeri M., Gremoutis G., Kuokkanen H., Miettinen A. and Laranne J. 2016. Utilization of Three-Dimensional Computer-Aided Preoperative Virtual Planning and Manufacturing in Maxillary and Mandibular Reconstruction with a Microvascular Fibula Flap. *J Reconstr Microsurg* 2 32: 137-41
- 43 Koerdt S., Steinstraesser L., Stoeckelhuber M., Wales C. J., Rohleder N. H., Babaryka G., Steiner T., Wolff K. D., Loeffelbein D. J., Muecke T., Nieberler M. and Kesting M. R. 2016. Radiotherapy for oral cancer decreases the cutaneous expression of host defence peptides. *J Craniomaxillofac Surg* 7 44: 882-9
- 44 Krogh-Poulsen W. and Olsson A. 1966. Occlusal disharmonies and dysfunction of the stomatognathic system. *Dental Clinics of North America* 627-635
- 45 Kubein-Meesenburg D., Nagerl H., Fialka-Fricke J., Hahn W., Weber S., Honig J., Hansen C., Fanghanel J., Thieme K. M. and Ihlow D. 2012. Functional states of mandibular movements and synovial pumps of the temporomandibular joint. Is it possible to provide a biomechanically correct replacement for the TMJ? *Ann Anat* 2 194: 200-7
- 46 Kumar V. V., Ebenezer S., Kammerer P. W., Jacob P. C., Kuriakose M. A., Hedne N., Wagner W. and Al-Nawas B. 2016. Implants in free fibula flap supporting dental rehabilitation - Implant and peri-implant related outcomes of a randomized clinical trial. *J Craniomaxillofac Surg* 11 44: 1849-1858
- 47 Lee R., Slevin N., Musgrove B., Swindell R. and Molassiotis A. 2012. Prediction of post-treatment trismus in head and neck cancer patients. *Br J Oral Maxillofac Surg* 4 50: 328-32
- 48 Lehmann K. M., Hellwig E. and Wenz H.-J. *Zahnärztliche Propädeutik: Einführung in die Zahnheilkunde; mit 32 Tabellen.* 2012
- 49 Lethaus B., Poort L., Bockmann R., Smeets R., Tolba R. and Kessler P. 2012. Additive manufacturing for microvascular reconstruction of the mandible in 20 patients. *J Craniomaxillofac Surg* 1 40: 43-6
- 50 Lim S. H., Kim Y. H., Kim M. K., Nam W. and Kang S. H. 2016. Validation of a fibula graft cutting guide for mandibular reconstruction: experiment with rapid prototyping mandible model. *Comput Assist Surg (Abingdon)* 1 21: 9-17
- 51 Linsen S., Schmidt-Beer U., Fimmers R., Gruner M. and Koeck B. 2009. Craniomandibular pain, bite force, and oral health-related quality of life in patients with jaw resection. *J Pain Symptom Manage* 1 37: 94-106
- 52 Lidders J. N., Schulten E. A., de Visscher J. G., Forouzanfar T. and Karagozoglu K. H. 2016. Complications and Risk after Mandibular Reconstruction with Fibular Free Flaps in Patients with Oral Squamous Cell Carcinoma: A Retrospective Cohort Study. *J Reconstr Microsurg* 6 32: 455-63

- 53 Manfredini D., Bucci M. B., Montagna F. and Guarda-Nardini L. 2011. Temporomandibular disorders assessment: medicolegal considerations in the evidence-based era. *J Oral Rehabil* 2 38: 101-19
- 54 Menapace D. C., Van Abel K. M., Jackson R. S. and Moore E. J. 2018. Primary vs Secondary Endosseous Implantation After Fibular Free Tissue Reconstruction of the Mandible for Osteoradionecrosis. *JAMA Facial Plast Surg*
- 55 Mochizuki Y., Omura K., Harada H., Marukawa E., Shimamoto H. and Tomioka H. 2014. Functional outcomes and patient satisfaction after vascularized osteocutaneous scapula flap reconstruction of the mandible in patients with benign or cancerous tumours. *Int J Oral Maxillofac Surg* 11 43: 1330-8
- 56 Moubayed S. P., L'Heureux-Lebeau B., Christopoulos A., Sampalis J. S., Letourneau-Guillon L., Bissada E., Guertin L., Harris P. G., Danino A. M. and Ayad T. 2014. Osteocutaneous free flaps for mandibular reconstruction: systematic review of their frequency of use and a preliminary quality of life comparison. *J Laryngol Otol* 12 128: 1034-43
- 57 Mucke T., Rau A., Weitz J., Ljubic A., Rohleder N., Wolff K. D., Mitchell D. A. and Kesting M. R. 2012. Influence of irradiation and oncologic surgery on head and neck microsurgical reconstructions. *Oral Oncol* 4 48: 367-71
- 58 Mumith A., Thomas M., Shah Z., Coathup M. and Blunn G. 2018. Additive manufacturing. *Bone Joint J* 4 100-B: 455-460
- 59 Pellini R., Mercante G. and Spriano G. 2012. Step-by-step mandibular reconstruction with free fibula flap modelling. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 6 32: 405-9
- 60 Probst F. A., Metzger M., Ehrenfeld M. and Cornelius C. P. 2016. Computer-Assisted Designed and Manufactured Procedures Facilitate the Lingual Application of Mandible Reconstruction Plates. *J Oral Maxillofac Surg* 9 74: 1879-95
- 61 Pullinger A. G. and Seligman D. A. 2000. Quantification and validation of predictive values of occlusal variables in temporomandibular disorders using a multifactorial analysis. *J Prosthet Dent* 1 83: 66-75
- 62 Raoul G., Ruhin B., Briki S., Lauwers L., Haurou Patou G., Capet J. P., Maes J. M. and Ferri J. 2009. Microsurgical reconstruction of the jaw with fibular grafts and implants. *J Craniofac Surg* 6 20: 2105-17
- 63 Reich R. H. 2000. [Conservative and surgical treatment possibilities in temporomandibular joint diseases]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4 Suppl 1: S392-400
- 64 Schepers R. H., Kraeima J., Vissink A., Lahoda L. U., Roodenburg J. L., Reintsema H., Raghoobar G. M. and Witjes M. J. 2016. Accuracy of secondary maxillofacial reconstruction with prefabricated fibula grafts using 3D planning and guided reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg* 4 44: 392-9

- 65 Scherpenhuizen A., van Waes A. M., Janssen L. M., Van Cann E. M. and Stegeman I. 2015. The effect of exercise therapy in head and neck cancer patients in the treatment of radiotherapy-induced trismus: A systematic review. *Oral Oncol* 8 51: 745-50
- 66 Schierz O. and Reißmann D. R. 2008. Die elektronische Vermessung der Gelenkbahn. Teil 2: 14-17
- 67 Schultes G., Gaggli A. and Karcher H. 2002. Stability of dental implants in microvascular osseous transplants. *Plast Reconstr Surg* 3 109: 916-21; discussion 922-4
- 68 Schumacher G. H. and Kubota K. *Oberflächen-Anatomie des Menschen*. 1989
- 69 Sforza C., Ugolini A., Sozzi D., Galante D., Mapelli A. and Bozzetti A. 2011. Three-dimensional mandibular motion after closed and open reduction of unilateral mandibular condylar process fractures. *J Craniomaxillofac Surg* 4 39: 249-55
- 70 Sieira Gil R., Roig A. M., Obispo C. A., Morla A., Pages C. M. and Perez J. L. 2015. Surgical planning and microvascular reconstruction of the mandible with a fibular flap using computer-aided design, rapid prototype modelling, and precontoured titanium reconstruction plates: a prospective study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1 53: 49-53
- 71 Slavicek R. 1988. Clinical and instrumental functional analysis for diagnosis and treatment planning. Part 7. Computer-aided axiography. *J Clin Orthod* 12 22: 776-87
- 72 Smith J. and Aston S. 1991. *Grabb and Smith's plastic surgery*. Plastic Surgical Nursing 1 11: 29
- 73 Smolka K., Kraehenbuehl M., Eggenesperger N., Hallermann W., Thoren H., Iizuka T. and Smolka W. 2008. Fibula free flap reconstruction of the mandible in cancer patients: evaluation of a combined surgical and prosthodontic treatment concept. *Oral Oncol* 6 44: 571-81
- 74 Smolka W. and Iizuka T. 2005. Surgical reconstruction of maxilla and midface: clinical outcome and factors relating to postoperative complications. *J Craniomaxillofac Surg* 1 33: 1-7
- 75 Sozzi D., Novelli G., Silva R., Connelly S. T. and Tartaglia G. M. 2017. Implant rehabilitation in fibula-free flap reconstruction: A retrospective study of cases at 1-18 years following surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 10 45: 1655-1661
- 76 Stelzenmüller W. and Wiesner J. *Therapie von Kiefergelenkschmerzen: ein Behandlungskonzept für Zahnärzte, Kieferorthopäden und Physiotherapeuten; 94 Tabellen*. 2010
- 77 Sugiura Y., Sarukawa S., Hayasaka J., Kamochi H., Noguchi T. and Mori Y. 2018. Mandibular reconstruction with free fibula flaps in the elderly: a retrospective evaluation. *Int J Oral Maxillofac Surg*
- 78 Tang J. A., Rieger J. M. and Wolfaardt J. F. 2008. A review of functional outcomes related to prosthetic treatment after maxillary and mandibular reconstruction in patients with head and neck cancer. *Int J Prosthodont* 4 21: 337-54

- 79 Tarsitano A., Battaglia S., Crimi S., Ciocca L., Scotti R. and Marchetti C. 2016. Is a computer-assisted design and computer-assisted manufacturing method for mandibular reconstruction economically viable? *J Craniomaxillofac Surg* 7 44: 795-9
- 80 Tarsitano A., Ciocca L., Scotti R. and Marchetti C. 2016. Morphological results of customized microvascular mandibular reconstruction: A comparative study. *J Craniomaxillofac Surg* 6 44: 697-702
- 81 Turp J. C. and Schindler H. 2012. The dental occlusion as a suspected cause for TMDs: epidemiological and etiologial considerations. *J Oral Rehabil* 7 39: 502-12
- 82 Turp J. C., Stoll P., Schlotthauer U., Vach W. and Strub J. R. 1996. Computerized axiographic evaluation of condylar movements in cases with fractures of the condylar process: a follow up over 19 years. *J Craniomaxillofac Surg* 1 24: 46-52
- 83 van Gemert J. T. M., Abbink J. H., van Es R. J. J., Rosenberg A., Koole R. and Van Cann E. M. 2018. Early and late complications in the reconstructed mandible with free fibula flaps. *J Surg Oncol* 4 117: 773-780
- 84 Virgin F. W., Iseli T. A., Iseli C. E., Sunde J., Carroll W. R., Magnuson J. S. and Rosenthal E. 2010. Functional outcomes of fibula and osteocutaneous forearm free flap reconstruction for segmental mandibular defects. *Laryngoscope* 120 Suppl 4: S190
- 85 Wang Y. Y., Zhang H. Q., Fan S., Zhang D. M., Huang Z. Q., Chen W. L., Ye J. T. and Li J. S. 2016. Mandibular reconstruction with the vascularized fibula flap: comparison of virtual planning surgery and conventional surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 11 45: 1400-1405
- 86 Weitz J., Bauer F. J., Hapfelmeier A., Rohleder N. H., Wolff K. D. and Kesting M. R. 2016. Accuracy of mandibular reconstruction by three-dimensional guided vascularised fibular free flap after segmental mandibulectomy. *Br J Oral Maxillofac Surg* 5 54: 506-10
- 87 Wetzels J. W., Merckx M. A., de Haan A. F., Koole R. and Speksnijder C. M. 2014. Maximum mouth opening and trismus in 143 patients treated for oral cancer: a 1-year prospective study. *Head Neck* 12 36: 1754-62
- 88 Wolff K.-D. and Hölzle R. Raising of microvascular flaps: a systematic approach. 2011
- 89 Wolff K. D., Ervens J., Herzog K. and Hoffmeister B. 1996. Experience with the osteocutaneous fibula flap: an analysis of 24 consecutive reconstructions of composite mandibular defects. *J Craniomaxillofac Surg* 6 24: 330-8
- 90 Wu C. C., Lin P. Y., Chew K. Y. and Kuo Y. R. 2014. Free tissue transfers in head and neck reconstruction: complications, outcomes and strategies for management of flap failure: analysis of 2019 flaps in single institute. *Microsurgery* 5 34: 339-44
- 91 Yamashita Y., Yamaguchi Y., Tsuji M., Shigematsu M. and Goto M. 2008. Mandibular reconstruction using autologous iliac bone and titanium mesh reinforced by laser welding for implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 6 23: 1143-6

- Literaturverzeichnis -

92 Yarnold J. and Brotons M. C. 2010. Pathogenetic mechanisms in radiation fibrosis. *Radiother Oncol* 1 97: 149-61

93 Zarb G. A., Carlsson G. E., Sessle B. J. and Mohl N. D. Temporomandibular joint and mastication muscular disorders. 1995

7.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.0 : Das Kiefergelenk

Abb. 1.1 : Ansätze der Kau- und suprahyalen Muskulatur

Abb. 1.2 : Mm. Pterygoidei lateralis und medialis

Abb. 1.3 : Defektklassifikationen nach Brown et al.

Abb. 2.1 : Axiograph: links maxillärer Teil, rechts mandibulärer Teil

Abb. 2.2: Fixationshilfen: Von links nach rechts: Trägerlöffel, Intraokklusalplug (unten), Paraokklusalbogen

Abb. 2.3 : Patient mit aufgesetztem Axiographen, links sagittal, rechts frontal

Abb. 3.1 : Patientenkollektiv

Abb. 3.2 : Verteilung und Indikationen des Patientenkollektivs

Abb. 3.3 : Verteilung möglicher Störvariablen und der mandibulären Defekte beider Gruppen

Abb. 3.4 : Verteilung der Patienten nach Operationsverfahren

Abb. 3.5 : Anzahl der vorgenommenen Osteotomien im gesamten Kollektiv

Abb. 3.6 : Anzahl der vorgenommenen Osteotomien im konventionell operierten Kollektiv

Abb. 3.7 : Anzahl der vorgenommenen Osteotomien im CAD/CAM operierten Kollektiv

Abb. 3.8 : Verteilung nach der prothetischen Versorgung im rekonstruierten Bereich

Abb. 3.9 : Vergleich der Operationszeiten der konventionellen mit der CAD/CAM Gruppe

Abb. 3.10 : Vergleich der Dauer des stationären Aufenthaltes der konventionellen vs. der CAD/CAM Gruppe in Tagen

7.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Ergebnisse von konventionell und CAD/CAM operierten Patienten im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe

Tabelle 3.2: Univariate lineare Regressionsanalyse von beeinflussenden Faktoren auf das funktionelle Ergebnis

Tabelle 3.3: Multivariate lineare Regressionsanalyse

7.4. Anzeige von Vorabveröffentlichung:

Functional Outcome of CAD/CAM-Assisted versus Conventional Microvascular, Fibular Free Flap Reconstruction of the Mandible: A Retrospective Study of 30 Cases

Ritschl LM, Mücke T, Fichter A, Güll FD, Schmid C, Duc JMP, Kesting MR, Wolff KD, Loeffelbein DJ.

J Reconstr Microsurg. 2017 May;33(4):281-291. doi: 10.1055/s-0036-1597823. Epub 2017 Jan 18.

- Anhang -

8. Curriculum Vitae

- keine Veröffentlichung des Lebenslaufs -

9. Danksagung

In erster Linie möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. Klaus-Dietrich Wolff, für die Möglichkeit der Durchführung dieser Studie an seiner Klinik, sowie meinem Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. Denys Loeffelbein für die Überlassung des interessanten Themas bedanken. Des Weiteren gilt mein Dank meinem Betreuer Herrn PD. Dr. Dr. Lucas Ritschl für seine tatkräftige Unterstützung bei der Erstellung des Studiendesigns und seine konstruktive Kritik und Führung während der Erarbeitung meiner Dissertation.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Dr. Jean-Marc Pho Duc der Ludwig-Maximilians-Universität München für die kollegiale Unterstützung in Form der Leihgabe des für die Untersuchungen essentiellen Axiographen bedanken.

Ein weiterer besonderer Dank gilt den Patienten, ohne deren Zustimmung und Bereitschaft die Durchführung dieser Studie nicht möglich gewesen wäre.

Meinem Kollegen und Mitstreiter Dr. Clemens Kaltenhauser danke ich für die Zusammenarbeit und gegenseitige Unterstützung bei den Untersuchungen der Patienten.

Zum Schluss gilt mein Dank meinen Eltern, die mich nicht nur während des Studiums stets unterstützt haben, sondern mich motivierend, verständnisvoll und mit Rat und Tat bei meiner Dissertation begleitet haben.