

Aus dem Lehrstuhl  
Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie  
Direktor: Prof. Dr. Dr. T. Reichert  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

Outcome nach chirurgischer Versorgung von extrakapsulären  
Kondylusfrakturen des Unterkiefers

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnmedizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Tabea Klaes

2024



Aus dem Lehrstuhl  
Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie  
Direktor: Prof. Dr. Dr. T. Reichert  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

Outcome nach chirurgischer Versorgung von extrakapsulären  
Kondylusfrakturen des Unterkiefers

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnmedizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Tabea Klaes

2024

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Tobias Ettl
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. dent. Carola Kolbeck
Tag der mündlichen Prüfung:	08.07.2024

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>1</b>
1.1.	Einführung in die Problemlage	1
1.2.	Anatomie	2
1.2.1.	Herkunft und Topografie der Mandibula	2
1.2.2.	Anatomie und Funktion der Art. temporomandibularis	3
1.2.3.	Orofaziale Strukturen in relevanter Lagebeziehung des Proc. condylaris mandibulae	4
1.3.	Inzidenz, Ätiologie und Epidemiologie der mandibulären Kondylusfrakturen	5
1.4.	Biomechanik	5
1.4.1.	Frakturentstehung	5
1.4.2.	Dislokations- und Luxationsmechanismen	8
1.5.	Diagnostik	10
1.5.1.	Klinische Diagnostik	10
1.5.2.	Bildgebende Diagnostik	11
1.6.	Klassifizierung der mandibulären Kondylusfrakturen	12
1.7.	Therapiekonzepte der Kondylusfrakturen	20
1.7.1.	Konservative Behandlungskonzepte	20
1.7.2.	Operative Behandlungskonzepte	23
1.7.2.1.	Zugang	26
1.7.2.1.1.	Retromandibulär	26
1.7.2.1.2.	Submandibulär	27
1.7.2.1.3.	Perimandibulär/-angulär	28
1.7.2.1.4.	Intraoral	29
1.7.2.1.5.	Retroaurikulär	30
1.7.2.1.6.	Präaurikulär	30
1.7.2.1.7.	Aurikulär	31
1.7.2.1.8.	Endoskopisch assistierte Operationstechnik	31
1.7.2.2.	Offene Reposition und interne Fixierung	32
1.7.2.3.	Versorgung der Nachbarstrukturen	36
1.7.2.4.	Komplikationen	36
1.8.	Einordnung der Frakturversorgung im klinischen Kontext	40
<b>2.</b>	<b>Zielsetzung der Arbeit</b>	<b>42</b>

<b>3.</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>43</b>
3.1.	Einschlusskriterien und Studienkollektiv	43
3.2.	Untersuchungen	43
3.3.	Datenerfassung und statistische Auswertungen	44
3.4.	Ethikantrag	44
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>45</b>
4.1.	Epidemiologie und Ätiologie	45
4.2.	Klassifikationen	45
4.3.	Therapeutische Versorgung	49
4.4.	Posttherapeutische funktionelle Parameter	50
4.4.1.	Okklusionsstörungen	51
4.4.2.	Periphere Schädigung N. facialis	52
4.4.3.	Parotisspezifische Komplikationen	55
4.4.4.	Mundöffnungseinschränkungen	57
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>70</b>
<b>7.</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>72</b>
<b>8.</b>	<b>Anhang</b>	<b>83</b>
8.1.	Abbildungsverzeichnis	83
8.2.	Tabellenverzeichnis	84
8.3.	Votum der Ethikkommission	85
<b>9.</b>	<b>Danksagung</b>	<b>87</b>
<b>10.</b>	<b>Erklärung nach § 6 abs. 5 Nr. 2 der Promotionsordnung</b>	<b>88</b>

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A.	Arterie
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
Art.	Articulatio
ATLS	Advanced Trauma Life Support
cm	Centimeter
CMD	Craniomandibular Dysfunction
CMF	Craniomaxillofacial Surgery
CT	Computertomographie
DVT	Digitale Volumentomographie
F.	Foramen
FNP	Facial nerve palsy
Gl.	Glandula
IBRA	International Bone Research Association
IMF	Intermaxilläre Fixierung
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
mm	Millimeter
MMF	Maxillomandibuläre Fixierung
MMO	Maximum Mouth Opening
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
Nr.	Nummer
OPG/OPT	Orthopantogramm
OPS	Operations- und Prozedurenschlüssel
ORIF	Open Reduction and Internal Fixation
P.	Pars
Proc.	Processus
R.	Ramus
SMAS	Superfizielles muskuloaponeurotisches System
SORG	Strasbourg Osteosynthesis Research Group
V.	Vena

# 1. Literaturübersicht

## 1.1. Einführung in die Problemlage

Trotz vieler Studien und Veröffentlichungen, die über Jahrzehnte hinweg zur regen wissenschaftlichen Diskussion über Vorgehen und Therapie der verschiedenen Formen von Kiefergelenkhals- und Kiefergelenkköpfchenfrakturen beigetragen haben, bleiben relevante Streitpunkte über Vorgehensweisen bei Erkrankungen offen. Es gibt verschiedene Behandlungskonzepte, die sich hauptsächlich in die konservative Therapie mit maxillo-mandibulärer Fixierung (MMF) und anschließender funktioneller Therapie, bzw. letztere ohne MMF sowie operative Versorgung mit oder ohne Osteosynthese unterteilen lassen. Die Indikation zur chirurgischen Intervention gehört ebenso wie die Wahl des Zugangsweges und der Operationstechnik auch bei Fortschritten bezüglich Osteosynthesematerialien und -möglichkeiten zur Fragestellung dazu (1–3). Gleichfalls ist eine eindeutige Tendenz hin zur vermehrten offenen Versorgung von Gelenkfortsatzfrakturen erkennbar. Diakapituläre Frakturen werden noch immer vielfach geschlossen therapiert (4). Die Indikation zur chirurgischen Intervention ist zwangsläufig einem fortwährenden Wandel unterworfen und muss auch weiterhin konstant kritisch beurteilt werden. Die Retention und Fixation durch osteosynthetische Versorgung im Rahmen der offenen Reposition birgt in der Literatur vielfach beschriebene Vorteile (3,5). Da der Unterkiefer als einziger beweglicher Knochen des Gesichts insbesondere eine herausragende funktionelle Rolle für die Mastikation spielt, scheint eine präzise Rehabilitation im Rahmen der Frakturbehandlung von höchstem Stellenwert. Durch die Rekonstruktion der exakten physiologischen Form und früh einsetzbarer funktioneller Therapie kann womöglich von einer verbesserten Gelenkfunktion, im Besonderen in Langzeitbetrachtungen ausgegangen werden (4,6). Auch unbefriedigende Ergebnisse nach konservativer Therapie, insbesondere von Luxationsfrakturen, haben die Diskussion weiter in Richtung operativer Versorgung gelenkt (7). Die operative Versorgung bleibt auch bei modernen Entwicklungen anspruchsvoll und birgt weiterhin das Risiko für relevante nachteilige Komplikationen (8–10). Weitergehend nehmen Kondylusfrakturen einen besonderen Stellenwert in der klinischen Versorgung ein, da die initialen Behandlungsparameter meist zufriedenstellend sind, im Verlauf jedoch relevante Spätfolgen wie Schmerz, eingeschränkte Beweglichkeit der Mandibula, Osteonekrose, Ankylosen, Fazialisparesen, Okklusionsstörungen und Gesichtasymmetrien beobachtet werden. Das studienabhängige heterogene klinische Outcome bleibt bisher nicht eindeutig der operativen oder konservativen Therapie zuordenbar (11,12).



## 1.2. Anatomie

### 1.2.1. Herkunft und Topografie der Mandibula

Der Unterkiefer wird als selbstständiger Knochen des Viszerokraniums betrachtet und entsteht entwicklungsgeschichtlich aus bindegewebiger Grundlage lateral des paarigen Meckel-Knorpels, einem Rest des ersten Schlundbogens. Die beidseitige Mandibularanlage ossifiziert sekundär desmal und verschmilzt in der Medianebene zur Symphysis mentalis (13). Das parabolische Corpus mandibulae bildet den horizontalen Anteil der Mandibula und besteht aus einer Basis und der aufgelagerten zahntragenden P. alveolaris. Durch Inaktivitätsatrophie geht mit Zahnverlust, etwa im Alter, auch ein Rückgang des Alveolarfortsatzes einher. Den Übergang zum vertikalen R. ascendens der Mandibula bildet der Angulus mandibulae (14,15). Der Ramus zeigt sich an seinem kranialen Ende durch die Incisura mandibulae zweigeteilt. Der anterior gelegene Muskelfortsatz dient dem M. temporalis als Ansatzpunkt, der posterior gelegene Gelenkfortsatz trägt auf seinem verjüngten Kollum das walzenförmige Caput mandibulae (s. Abb. 1). Damit stellt sich der Gelenkhals als Verschmälerung des posterioren Proc. condylaris mandibulae dar. Die Vertikalhöhe des Gelenkfortsatzes wird durch den tiefsten Punkt der Incisura mandibulae und den kranialsten Punkt des Caput mandibulae definiert (16) und beträgt durchschnittlich 22,3 Millimeter (17). Der adulte mandibuläre Gelenkhals weist in der Lateralansicht eine Sanduhr- bzw. eingezogene konische Form auf (18). Medial des Gelenkhalses liegt die Fovea pterygoidea des Collum mandibulae, in welche Fasern des M. pterygoideus lateralis inserieren.

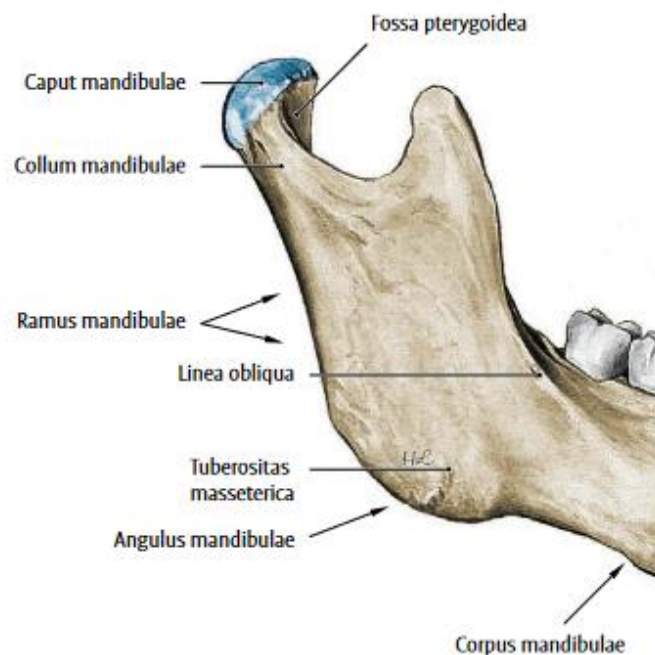


Abbildung 1: anterolaterale Ansicht des mandibulären R. ascendens nach Waldeyer (14)

Zusammenfassend lässt sich der Unterkiefer in mehrere Regionen aufteilen: als mediane unpaare Symphyse, angrenzend die beidseitig angelegten Parasymphysen, Unterkieferkörpern, sowie Kieferwinkel- und Kieferastbereichen mit Proc. coronoideus und condylaris. An der Innenseite des aufsteigenden Astes liegt beidseits das F. mandibulae. Nach Abgabe des motorischen N. mylohyoideus tritt hier der Endast des dritten Astes des ersten Viszeralbogens, dem N. trigeminus, in den Unterkiefer ein und verläuft als N. alveolaris inferior im Canalis mandibularis (19). Der Innenaufbau der Mandibula ist im Gegensatz zur Maxilla durch eine zumeist stark ausgebildeten Innen- und Außenkortikalis, der Kompakta, und einer locker gepackten Spongiosa im Innenraum gekennzeichnet. In zuletzt genannter verläuft der Canalis mandibularis, der in der statischen Nullzone des Unterkiefers liegt, in der sich einwirkende Druck- und Zugkräfte gegenseitig aufheben. Die Spongiosastrukturen weisen durch Kaudruck und Muskelzug ineinander übergehenden Verstärkungen, die so genannten Trajektorien auf, die in dreidimensionaler Formation durch den Unterkiefer ziehen (20).

#### 1.2.2. Anatomie und Funktion der Art. temporomandibularis

Die Art. temporomandibularis verbindet den freien Unterkiefer mit dem Gesichtsschädel (21). Im Gelenk artikuliert physiologisch inkongruent das Kieferköpfchen sowohl mit der mindestens zweifach größeren Fossa mandibularis der P. squamosa des Os temporale, als auch mit dem ventral daran anschließenden Tuberculum articulare (22). Das komplexe Erscheinungsbild des Condylus und der Fossa mandibularis wird autorenabhängig meist mit moderaten Unterschieden klassifiziert und weist interindividuelle Abweichungen auf (23–27). Dabei kompensiert der Discus articularis die morphologische Disparität der korrespondierenden Gelenkflächen von Kondylus und Os temporale (28). Der komplexe, dreidimensionale Bewegungsablauf des Kiefergelenks entspricht einer Dreh-Gleit-Bewegung, wobei Abläufe im kontralateralen Gelenk nicht zwingend symmetrisch verlaufen. Die beschriebene geringe passive Zwangsläufigkeit des Gelenks sowie alters- und belastungsabhängige Destruktionen lassen keine definitiven Rekonstruktionen auf Basis anatomischer Grundlagen zu. Gleichzeitig nimmt das Kiefergelenk den wichtigen Part als adaptive Komponente eines übergeordneten funktionalen Systems ein, etwa da Zähne kaum anpassungsfähig sind (29,30). Funktionell zu unterscheiden ist die dynamische Okklusion von den freien Unterkieferbewegungen. Erstere sind als die Mobilität des Unterkiefers unter Zahnkontakt definiert, zweitere werden lediglich von Kiefergelenken und Kaumuskeln dirigiert (31). Die Kaumuskulatur setzt sich aus M temporalis, M. masseter, M. pterygoideus medialis

und lateralis zusammen und führt unter anderem Abduktions-, Adduktions- sowie Laterotrusion-, Retrotrusion- und Protrusionsbewegungen der Mandibula aus (13).

### 1.2.3. Orofaziale Strukturen in relevanter Lagebeziehung des Proc. condylaris mandibulae

Das Kiefergelenk und damit einhergehend der Kiefergelenkfortsatz zeichnen sich durch eine enge Lage zu relevanten anatomischen Nachbarstrukturen aus. So liegt der größte Anteil der paarigen Gl. parotidea in der anatomisch unmittelbar benachbarten Fossa retromandibularis (32). Die exokrine Speicheldrüse ektodermaler Herkunft liegt dem M. masseter flächig auf, stößt kranial nahezu an den Arcus zygomaticus, dorsal an den Meatus acusticus externus und überlappt kaudal den Margo mandibulae. Sie liegt wie jede der großen Mundspeicheldrüsen in einer eigenen Bindegewebskapsel mit einstrahlenden bindegewebigen Septen. Durch die Fascia parotidea entsteht die Parotisloge, die als Faszien­sack mit Ausnahme der Verbindung zum Spatium lateropharyngeum allseits dicht verschlossen ist (13). Histophysiologisch handelt sich um eine azinöse, rein seröse Drüse mit spezialisiertem Ausführungsgangsystem, die den Primärspeichel der sezernierenden Drüsenzellen modifizieren (33). Das Sekret wird, den M. masseter durchbohrend, über den Ductus parotideus in die Mundhöhle geleitet. Es erfüllt unter anderem wichtige Aufgaben zur Nahrungsaufschlüsselung, Schutz der Mundschleimhaut und Immunabwehr (34). Die Parotis umgreift wichtige gesichtsversorgende Gefäße und Leitungsbahnen. Die zuführende A. carotis externa lagert sich dorsal des R. mandibulae der Gl. parotidea an, um dort das Collum mandibulae zu erreichen und sich in ihre Endäste aufzuschlüsseln. Innerhalb der Grube verläuft ebenfalls die in die V. jugularis interna abfließende V. retromandibularis sowie der N. facialis. Die Endäste des siebten Hirnnervens bilden vom Os temporale durch das F. stylomastoideum tretend im Parotisgewebe den Plexus intraparotideus mit radiär verlaufenden Fasern aus. Vom ventralen Rand der großen Speicheldrüse kommend, innerviert der Nerv die mimische Gesichtsmuskulatur. Nach etwa 1,3 cm sichtbarem Verlauf teilt er sich in den Pars cervicofacialis und temporofacialis und zeigt anschließend eine fächerhafte Aufteilung in die Rr. temporales, zygomatici, buccales, den R. marginalis mandibularis und R. colli (13,20,35). Ebenso sei an dieser Stelle der N. auriculotemporalis erwähnt, der den ersten Abgang des dritten Trigeminusastes nach dessen Durchtritt durch das F. ovale darstellt. Er verläuft mit seinen Ästen in der Fossa retromandibularis und tritt von dort von ventral an das Collum mandibulae heran. In seinem weiteren Verlauf zieht er von medial nach lateral um den Kiefergelenkhals herum, um mit seinen sensiblen Fasern die präaurikuläre und temporale Hautregion sowie Trommelfell, anteriore Anteile des äußeren Gehörgangs und Hauptanteile der Kiefergelenkkapsel zu versorgen (14,31).

### **1.3. Inzidenz, Ätiologie und Epidemiologie der mandibulären Kondylusfrakturen**

Insbesondere aufgrund ihrer exponierten Lage ist die Mandibula häufig bei kraniofazialen Frakturen betroffen. Angaben zur Häufigkeit der Unterkieferfrakturen variieren studien- und autorenabhängig, werden aber in der Fachliteratur deckungsgleich als häufigste Fraktur des Gesichtsschädels aufgeführt. Häufigkeiten der mandibulären Frakturen werden zwischen 20 und 50 Prozent aller Gesichtsschädelfrakturen angegeben (36–38). Der Gelenkfortsatz gilt mit seiner grazilen Struktur als Locus minoris resistentiae des Gesichtsschädels, unter anderem um das Gehirn vor schwerem Trauma zu schützen. Das schlägt sich in beschriebenen Häufigkeiten von Kiefergelenkfortsatzfrakturen zwischen 17,5 und 52 Prozent aller Unterkieferfrakturen nieder (39–41). Geschlechterspezifisch liegt die Inzidenz studien- sowie jahrzehnteübergreifend konstant auf Seiten männlicher Betroffener, es konnten Verhältnisse um 75 bis 85 Prozent Patienten zu lediglich etwa 25 Prozent Patientinnen nachgewiesen werden (36,42,43). Im zeitlichen Verlauf der Geschichte kam es etwa durch historische Ereignisse, wie europäischen Kriegssituationen und Weltkriegen, zu Schwankungen in der Inzidenz solcher Verletzungen. In den jüngsten Jahrzehnten scheinen hauptsächlich zunehmende Verkehrsdichte und dynamische Veränderungen im Freizeitverhalten verantwortlich für eine Zunahme der Kondylusfrakturen zu sein (40,44,45). So zeigen sich studienabhängig in unterschiedlicher Gewichtung insbesondere Verkehrsunfälle, Rohheitsdelikte und Stürze dafür ursächlich (36,46,47). Die Variabilität hinsichtlich Ätiologie der Erkrankung lässt sich weitergehend auf regionalspezifische Differenzen und Veränderungen bezüglich Umwelt, Lebensstil, sozioökonomische und kulturelle Hintergründe zurückführen (42). Interessanterweise unterscheidet sich die Erkrankungsursache zusätzlich geschlechterbezogen, Männer seien häufiger durch Rohheitsdelikten, Frauen währenddessen hauptsächlich durch Stürze und Verkehrsunfälle betroffen (48). Teilweise zeigte sich, dass bilaterale Kondylusfrakturen häufiger mit weiteren Begleitfrakturen der Mandibula oder des Viscerocraniums einhergehen als unilaterale (43).

### **1.4. Biomechanik**

#### **1.4.1. Frakturentstehung**

Physikalisch einwirkende externe Kräfte auf einen Festkörper produzieren in jedem Fall interne Kräfte oder Belastungen. So werden definitionsgemäß Deformationen erzeugt, deren Eigenschaften vom Charakter der auftretenden Kräfte sowie von Form und Zustand des festen Körpers abhängen. Voneinander zu unterscheidende Belastungen sind Druck-, Zug-, Biege-

und Scherkräfte, die zusätzlich in Intensität und Richtung differieren können. Knochengewebe ist in seiner Konstruktion an die mechanischen Aufgaben angepasst. Durch dessen gerichtete Konstruktion in Trajektorien können einwirkende Kräfte aufgefangen und leichter übertragen werden (14). Drucktrajektorien verlaufen im Unterkiefer in der Basis des Korpus, Zugtrajektorien in dessen P. alveolaris. In biomechanischen Studien konnte etwa durch die Finite-Elemente-Methode zu anspruchsvollen und genauen Repräsentationen der Spannungslinien gelangt werden. Im Rahmen dieser Studien konnten aufsteigende Kraftlinien insbesondere am vorderen Rand des aufsteigenden Unterkieferastes nachgewiesen werden (49,50). Die spangenförmige Konfiguration des Unterkiefers trägt zusätzlich dazu bei, dass gewisse auftretende Kräfte durch Verformung und Torsion absorbiert werden. Vereinfacht kann die Mandibula als freistehender Halbkreisbogen, den Korpus, mit libertär rotierbaren Enden, im Sinne der Kondylen, beschrieben werden. Bei genauerer Betrachtung lässt sich eine unregelmäßige Kurvenlinie mit Inhomogenitäten in Form und Struktur beschreiben, die etwa durch verringerten Querschnitt und Knochendichte als Loci minores resistentiae beschrieben sind. So etwa, wie erwähnt, auch Kiefergelenkfortsätzen mit Gelenkwalzen, an denen sich oben beschriebene Zugkräfte konzentrisch und damit als präferierter Ort für Frakturen zeigen (51,52).

Überschwellige, unerschöpflich energiereiche Impulse auf den Knochen führen unweigerlich zur akuten Kontinuitätsunterbrechung des Knochengewebes, die als Fraktur definiert ist. Direkte Frakturen sind als diejenigen am Ort der Gewalteinwirkungen entstandenen von indirekten zu unterscheiden. Letztere entstehen durch Weiterleitung der Kräfte. Die Bruchmechanik gibt weiterführend eine Unterteilung in Biegungs-, Abscherungs- und Stauchungsfrakturen vor (53).

An der Mandibula kommt es bei Krafteinwirkung von ventral, kaudal und lateral in der Symphysen-, Parasymphysen- und Korpusregion zu direkten Frakturen. Am Kraftauftrittsort kommt es zunächst lingual zu Zugbelastungen. Diese können sich als dort initiiertender Bruchspalt schließlich nach ventral bzw. bukkalwärts ausdehnen oder lediglich als Infraktur der lingualen Kompakta verbleiben. Sie sind definiert als Biegungsfrakturen (54). Im Gegensatz dazu zählen die Kontinuitätsunterbrechungen in der Region der Kiefergelenkfortsätze, die topografisch durch das Os zygomaticum geschützt liegen, zu indirekten Frakturen. Die energiereichen Impulse werden vom Corpus mandibulae über den R. mandibulae auf den Proc. condylaris weitergeleitet. Hier werden die Außenflächen des betreffenden aufsteigenden Astes konvex nach außen aufgebogen, die entstehende Zugspannung führt bei Überschreitung des Elastizitätsmoduls des Knochens zur Fraktur. So kommt es ebenfalls zur Biegungsfraktur eines Kollums oder beider Kolla. Es kann auch zu Abscherungsfrakturen der Kiefergelenkfortsätze

mit schräger Bruchlinie kommen, wenn eine Gewalt von kaudal auf die Kieferwinkelregion einwirkt. Dies ist typischerweise bei Frakturen im aufsteigenden Unterkieferast zu beobachten. Impaktierte Weisheitszähne führen ggf. zur Schwächung der Mandibula und können so eine Frakturlinie durch den Kieferwinkel hervorrufen. Stauchungsfrakturen treten bei symphysären geradlinigen Kraftvektoren ebenso wie bei linearer Krafteinwirkung auf den Ramus auf. Dabei kann es insbesondere zu Frakturen des Kapitulums kommen. Weiterhin kann der Unterkiefer auch von Trümmer- und Defektfrakturen betroffen sein. (53,55).

Unilateralen Kondylusfrakturen geht zumeist eine exzentrische Krafteinwirkung voraus. Bei sogenannten Kombinationsfrakturen bricht kontralateral des Kraftwirkens das Kollum als indirekte, ipsilateral das Korpus in der paramedianen Zone als direkte Fraktur (41,43). Bilateralen Frakturen gehen häufig zentral und beidseitig paramedian auftretende Impulse wie etwa Stürze auf das Kinn voraus (56). Als besondere Form dieser Erkrankung sind bilaterale Gelenkfortsatzfrakturen in Kombination mit Paramedian- bzw. Medianfrakturen bei symphysär auftretenden Kraftvektoren zu nennen, bei denen der gesamte Mandibularbogen aufgesprengt wird. Sie werden analog zum klinischen Erscheinungsbild als „Open Book“-Frakturen betitelt (57).

Zusammenfassend entscheiden wesentlich Intensität, Richtung und Lokalisation des Impulses über die Frakturstellung. In der Literatur wurden diverse Modelle einer multifaktoriellen Genese der Entstehung eines Bruches am Proc. condylaris mandibulae diskutiert. Dabei werden weitere Faktoren wie Verzahnung, Widerstandsfähigkeit der beteiligten ossären Strukturen, Resistenz der umgebenden Muskeln sowie Gelenkkapsel, Stellung der beiden Kiefer zueinander und insbesondere Grad der Mundöffnung zum Zeitpunkt des Traumas aufgeführt (58). Schon früh wurde eine Korrelation der Altersinvolution, mit einhergehender Verschmälerung des Knochens und der dadurch verjüngten Gelenkhalsbasis, zu auftretenden Frakturen eben dieser beschrieben (39). Petzel und Büllers (59) konnten in experimentellen Studien nachweisen, dass die Höhe der Frakturlinie mit dem Ausmaß der Mundöffnung korreliert. Gleiche Mechanismen führten in Kadaverstudien mit sagittaler Krafteinwirkung zu repetitiven Frakturformen. Je weiter der Mund geöffnet, umso tiefer verlief in ihren experimentellen Studien die Frakturlinie (43). Verschiedene Autoren und Autorinnen konnten nachweisen, dass Zusammenhänge zwischen Gestalt der Kondylusfraktur und ihrer ätiologischen Herkunft der Gewalt bestehen. So sollen bilaterale und intrakapsuläre Frakturen insbesondere bei hochenergetischen interhumanen Gewaltakten entstehen, während subkondyläre, extrakapsuläre Frakturen aus geringerer Gewalt resultieren und Stürze zu einer höheren Lokalisation der Frakturlinie im Kondylus führen (40). Eine Studie von Zachariades (41) bestätigte, dass bilaterale Frakturen aus

hohen einwirkenden Kräften resultieren können. Auch Zhou et al. (60) bekräftigten Markers Schlussfolgerungen, dass hohe Kräfte häufig zu bilateralen Frakturen führten. Währenddessen kann eine Fraktur des Kieferwinkels Teile der Gewalt absorbieren und so reduzieren, wodurch eher unilaterale Frakturen des kontralateralen Kondylus entstehen. In Belastungsstudien konnte nachgewiesen werden, dass die höchste Belastung auf den Gelenkhals bei inzisaler Kraftwirkung in exzentrischer Positionierung des Proc. condylaris der Mediotrusionsseite wirkt. Dies entspricht dessen anterior-kaudalen Verschiebung etwa bei Mundöffnung und kontralateraler Laterotrusion. Dennoch verbleibt die nachgebildete Geometrie der Frakturen in den Grenzen einer artifiziellen Simulation und muss hinsichtlich klinischer Schlussfolgerungen differenziert betrachtet werden (61).

#### 1.4.2. Dislokations- und Luxationsmechanismen

Bereits vor knapp einem Jahrhundert beschrieb Wassmund (62) ein Zerreißen des Frakturlinien umgebenden Periostes. Durch physiologischen Muskelzug, insbesondere des M. pterygoideus lateralis als Kieferabduktor und der Adduktoren M. masseter und M. pterygoideus medialis kann es zur Verlagerung der Frakturfragmente gegeneinander kommen. Dadurch entstehen Dislokationsfrakturen mit Verbleib des Kapitulums in der Fossa articularis, oder Luxationsfrakturen, mit Verschiebung des Köpfchens aus der Gelenkgrube. Es wird diskutiert, dass die Fragmentverschiebung neben Richtung, Winkel, Ausmaß und genauer Lokalisation der Gewalteinwirkung auch von Zahnstatus und akuter Okklusionsposition bestimmt wird. Die Wahrscheinlichkeit einer Translokation verringert sich demnach bei ausreichender Verzahnung im Molarenbereich sowie in statischer Okklusion mit Zahnkontakt (41). Im Rahmen von Dislokation und Luxation können Frakturen des Kapitulums zur erniedrigten Vertikaldimension führen, wenn der laterale Kapitulumpols nicht intakt bleibt. Der Frakturspalt bei Kiefergelenkopffrakturen verläuft meistens von latero-kränial nach medio-kaudal. Zunächst liegt er kränial intrakapsulär, bei weiterem Verlauf medial des lateralen Pols nimmt er anschließend eine extrakapsuläre Lokalisation ein. Durch die stattfindende Fragmentierung wird der dorso-laterale (proximaler) Kondylusanteil einschließlich des Discus articularis in die anterior-mediale Zugrichtung des M. pterygoideus lateralis gemeinhin nach medial oder medio-ventral distrahiert. Die Ernährung erfolgt über selbigen Muskel (55,61).

Unterschieden werden Verschiebungen der Mandibula analog zur Beschreibung allgemeiner Dislokationsformen anhand der Fragmentverschiebung zueinander (s. Abb. 2):

1. Unterkieferfraktur ohne Dislokation
2. Dislocatio ad latus
3. Dislocatio ad axim
4. Dislocatio ad peripheriam
5. Dislocatio ad longitudinem cum contractione
6. Dislocatio ad longitudinem cum distractione

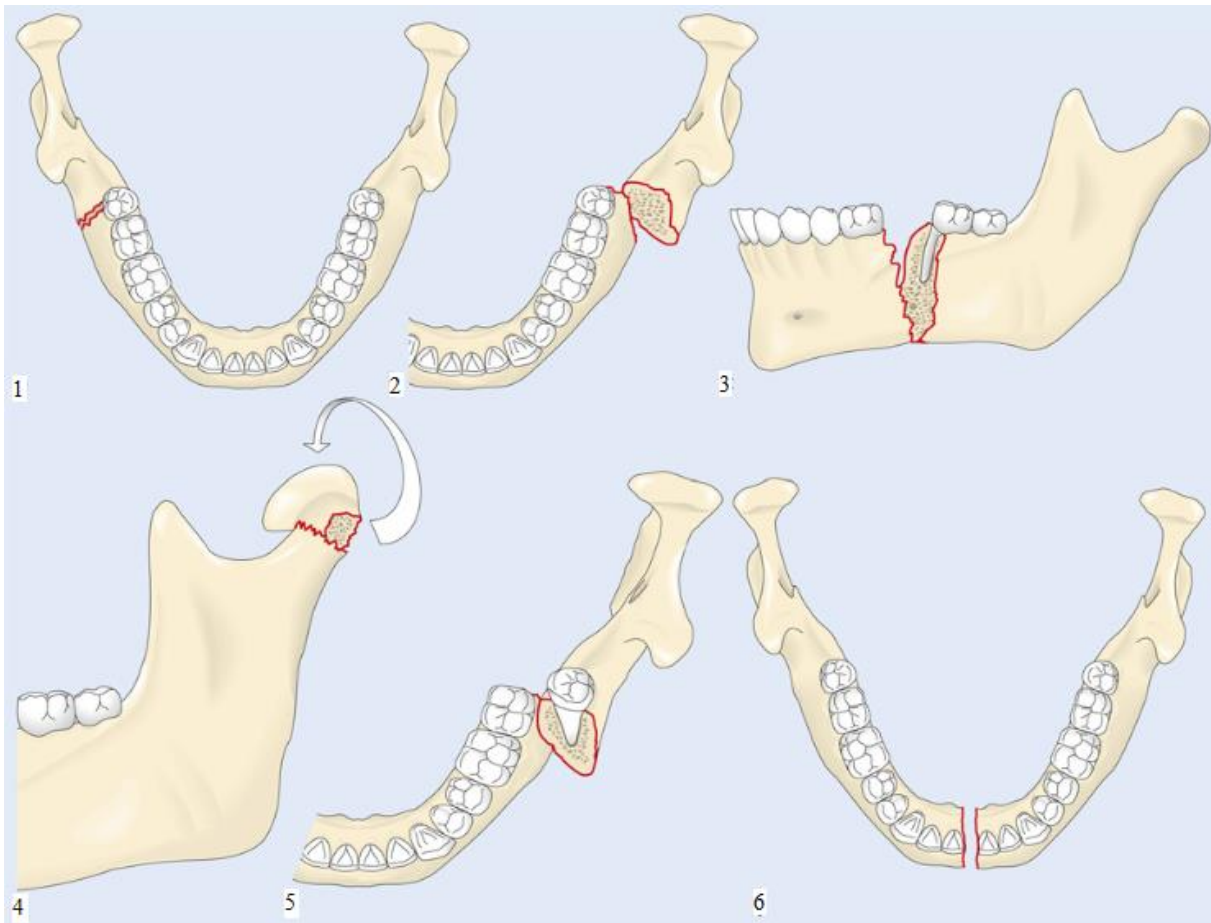


Abbildung 2: Dislokationsformen der Mandibula bei Fraktur nach Schwenzer (53)

Dislokationen können nach medial, lateral, ventral und dorsal auftreten. Sie gehen unweigerlich, durch die Dislokation hervorgerufene Disartikulation des Kapitulums, mit einer Ruptur der Gelenkkapsel einher. Bei diesen Dislokationsfrakturen wird der Discus articularis gemeinsam mit seinen lateralen Kapselanteilen nach anterior medial verlagert. Das Rotationszentrum des Kondylus wird nach anterior und kaudal evakuiert (63).



## **1.5. Diagnostik**

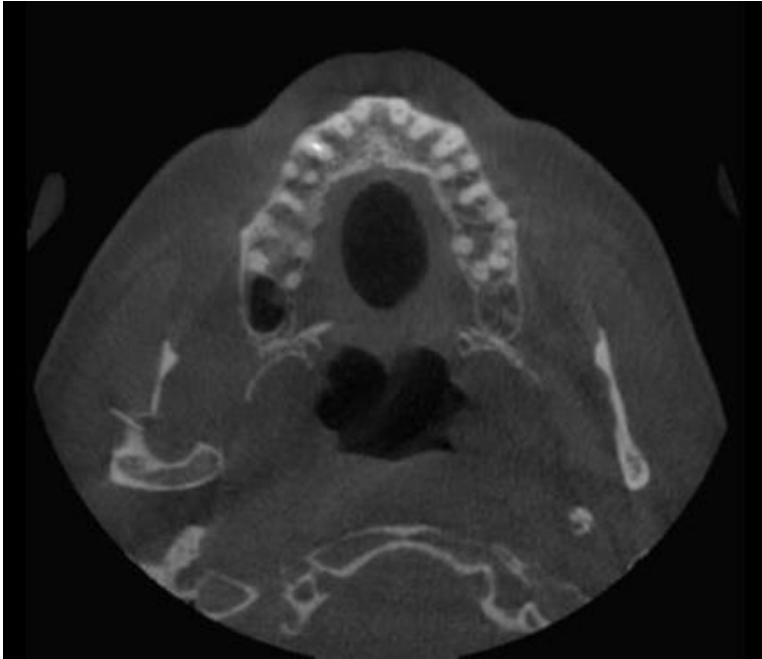
### **1.5.1. Klinische Diagnostik**

Die initiale Diagnostik umfasst, entsprechend universell geltender Anforderungen, wenn möglich eine ausführliche, zielgerichtete anamnestische Erhebung und Rekonstruktion der vorangegangenen Situation. Eine klinische Untersuchung muss bei jeder verdächtigen Verletzung im maxillofazialen Bereich erfolgen. Kondylusfrakturen stellen primär keine lebensbedrohliche Verletzung dar, dennoch sollte im Rahmen einer gegebenen Trauma- und Notfallsituation eine Erstbeurteilung nach ABCDE-Schema geführt werden. In diesem steht bei Beurteilung von Atemweg, Beatmung, Zirkulation und Blutungskontrolle sowie neurologischem Status der orofaziale Bereich wiederholt im Mittelpunkt (55). Wichtigstes Ziel ist hier die Feststellung und Behandlung lebensbedrohlicher Zustände. Dabei kann etwa von dem Advanced Trauma Life Support-Protokoll (ATLS) Gebrauch gemacht werden, welches eine adäquate Triage und rapide Evaluation des Zustandes der verletzten Person erlaubt (64,65).

In der allgemeinen Frakturlehre gelten generell Achsabweichung und abnorme Beweglichkeit, eine offene Fraktur, Stufenbildung, Krepitation, sowie der radiologische Nachweis als sogenannte sichere Frakturzeichen. Im Fall einer Kiefergelenksfraktur kommt es meist im Bereich der Bruchstelle und im Kiefergelenk zu Schmerzen. Diese können durch palpatorischen Befund präaurikulär und im äußeren Gehörgang sowie durch dezenten Druck auf den mentalen Unterkieferbereich bei geöffnetem Mund verifiziert werden. Die Kompression in der Gelenkpfanne führt hier die Schmerzsensation herbei. Neben Schwellung und Hämatombildung im Bereich des aufsteigenden Astes bis zum Ohr können Frakturen und Verletzungen des Weichgewebes und knorpeligen Anteil des Gehörganges zu Blutungen aus diesem führen. Die spezifische Symptomatik kann bei Kondylusfrakturen weiterhin Okklusionsstörungen und spontane Okklusionsveränderungen beinhalten (53). Durch den Verlust der vertikalen Dimension bei dislozierten Brüchen kommt es unweigerlich zum Vorkontakt im Prämolaren- oder Molarenbereich einschließlich frontoffenem Biss. Unilaterale Frakturen behindern die zur kontralateralen Seite gerichtete Laterotrusionsbewegung, bilaterale Frakturen schränken zusätzlich die Protrusion ein (55). Auch eine Malposition des Discus articularis kann zu Bewegungsstörungen führen. Die Mundöffnung zeigt sich gehäuft stark eingeschränkt, es kann, im Besonderen bei unilateralen und mit Dislokation einhergehenden Erkrankungen, zu Gesichtsasymmetrien kommen (53,55,56,66,67).

### 1.5.2. Bildgebende Diagnostik

Für die grundlegende Diagnostik von Mandibulafrakturen ist die röntgenologische Darstellung in mindestens zwei zueinander senkrechten Ebenen erforderlich. Dennoch lässt ein konventionelles Röntgen häufig keine exakte Frakturdiagnostik hinsichtlich Lokalisation der beteiligten Fragmente, Frakturspaltverlauf, -höhe und lokalem Knochenangebot zu. Früher stellten konventionelle Röntgenaufnahmen im Sinne eines Orthopantogrammes (OPG), einer Aufnahme nach Clementschitsch (posterior-anteriore Aufnahme in 15° Reklinationsstellung) und ggf. einer zusätzlichen dritten Ebene im Rahmen einer axialen Schädelbasisprojektion den diagnostischen Standard dar. Die Aufnahmen ermöglichen in den meisten Fällen die Darstellung der Frakturen, vor allem bei vorliegenden Dislokationen und weiterhin die Miterfassung häufig einhergehenden Frakturen im Symphysen-, Parasymphysen oder Kieferwinkelbereich (55). Vorteil der kaudal-exzentrischen Clementschitsch-Aufnahme gegenüber des Orthopantogrammes ist die Darstellung der Kiefergelenkfortsätze in annähernd überlagerungsfreier Ansicht (68). Auch wenn bei vielen Frakturen so eine spezifischere Beurteilung des Dislokationsgrades bzw. der Luxation möglich ist, stößt das zweidimensionale Röntgen bereits bei Frakturen ohne Dislokation an seine Beurteilungsgrenzen. Zur Indikationsstellung der therapeutischen Entscheidung ist die individuelle anatomische Lokalisation jedoch von hohem Stellenwert. Daher gilt das zweidimensionale Röntgen heutzutage als diagnostischer Standard als überholt. Je höher die Bruchlinie verläuft, umso schwieriger wird weitergehend die Beurteilung. Daher wird inzwischen eine dreidimensionale Aufnahme im Rahmen einer Computertomographie (CT) oder digitalen Volumentomographie (DVT) in der axialen und koronalen Schichtung empfohlen (53,69) (s. Abb. 3). Letztere gilt bei geringerer Strahlenexposition als relevante Alternative. Zusätzlich zur exakten Frakturdiagnostik im Gelenkfortsatzbereich können Frakturen des Foramen acusticum externum und Infrakturen der lingualen Mandibula erfasst oder ausgeschlossen werden.



*Abbildung 3: Axial rekonstruiertes DVT einer hohen Kondylusfraktur rechts, Typ V nach Spiessl und Schroll entsprechend (DVT-Aufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2019)*

Die Magnetresonanztomographie (MRT) spielt hingegen bei geringer Praktikabilität im klinischen Alltag und Notfällen eine untergeordnete bis keine Rolle. Mit dieser ist es dennoch möglich, mögliche Dislokationen des Discus articularis und Verletzungen des umgebenden Weichgewebes darzustellen. Insbesondere bei komplexen Schädigungen im maxillofazialen Gebiet sowie mit polytraumatischen Verletzungsmustern sollte der dreidimensionalen Bildgebung im Sinne eines CTs der konventionellen Bildgebung vorgezogen werden (55,66,70).

### **1.6. Klassifizierung der mandibulären Kondylusfrakturen**

Lokalisation der Fraktur sowie Dislokation bzw. Luxation der Frakturfragmente sind für klinische Beurteilung, intrafachliche Kommunikation und schlussendlicher Therapieentscheidung von höchster Relevanz (71). Standardisierte Definitionen und Klassifizierungen sind notwendig, damit die individuelle Informationsweitergabe mittels präziser Beschreibung funktionieren kann und dabei konsistent bleibt. Evidenzbasierte Standardisierung ist bei international diffuser Nomenklatur erschwert. Daher ist die einheitliche Einteilung der Frakturen bezüglich interdisziplinärer Zusammenarbeit, retrospektiver Betrachtung, literarischer Einordnung und damit einhergehender wissenschaftlichen Vergleichbarkeit von hohem Stellenwert. Dokumentierte Informationen könnten so standardisiert etwa in einer Trauma-Datenbasis akkumuliert werden (72). Dies trifft auch auf Kiefergelenksfrakturen zu.

Im Laufe der wissenschaftlichen Diskussion werden vielgestaltige Konzepte einer möglichen Einteilung der mandibulären Kondylusfrakturen vorgestellt, bis zum heutigen Tag ist jedoch keine einheitliche Klassifikation international anerkannt worden. Wiederholt wurde auf die fehlende terminologische Einheit hingewiesen. Im deutschsprachigen Raum werden oben beschriebene Dislokation und Luxation unterschieden, im englischen Sprachgebrauch werden die Begriffe „deviation“, „displacement“ und „dislocation“ abgestuft verwendet (73). Bei einer „Deviation“ handelt es sich um Abweichungen des Gelenkfortsatzfragment bei verbliebenem Direktkontakt. Als „displacement“ gilt das Fehlen des knöchernen Kontakts der Fragmente und „dislocation“ beschreibt die vollständige Exartikulation des Temporomandibulgelenks. Teilweise wird eine Fehlstellung von mehr als 60° als „dislocation“ definiert (74). In verschiedenen wissenschaftlichen Ausführungen wurde sich in der Vergangenheit für eine Vereinheitlichung zur besseren internationalen wissenschaftlichen Vergleichbarkeit ausgesprochen. Vorgeschlagen wird etwa die Zuordnung der deutschsprachigen Begriffe „Dislokation“ sowie „Luxation“ zum jeweiligen angloamerikanischen Pendant „Displacement“ und „Dislocation“. So sollen die Unterschiede der Nomenklatur zwischen den Vereinigten Staaten und Großbritannien zur europäischen Region aus dem Weg geräumt werden (69,75).

Anhand der anatomischen Relation werden diejenigen Frakturen im klinischen Sprachgebrauch als Kiefergelenkfortsatzfrakturen bezeichnet, deren Frakturlinie oberhalb des F. mandibulae und zwischen Ansatz des M. masseter am posterioren Rand des aufsteigenden Astes des Unterkiefers und der Incisura mandibulae (alt. semilunaris und sigmoidea) verläuft. Gleichzeitig hat sich der Terminus „Kollumfraktur“ im klinischen Alltag generalisiert für Frakturen des Gelenkfortsatzes inklusive Gelenkfortsatzbasis und Gelenkkopf durchgesetzt. In der deutschsprachigen Literatur hat sich die Einteilung in tiefe, mittlere, hohe Kondylus- sowie Kapitulumfrakturen etabliert (43,58,75–77).

Die folgenden beschriebenen Einteilungen sollen lediglich eine Annäherung an die Darstellung einer Auswahl der relevantesten wiedergeben. Grundlegend wird ohne weitere Angaben zu Dislokationsgrad oder Fragmentverschiebung zwischen Frakturen der Kondylenbasis, des Kondylenhalses sowie des Kondylenköpfchens unterschieden.

Einer der ersten, im Jahr 1927, niedergeschriebenen Klassifikationen von Wassmund (62) bezieht sich auf diese anatomische Beschreibung und schließt eine biomechanische Betrachtung der Entstehung mit ein.

<i>Lokalisation</i>	<i>Biomechanische Frakturentstehung</i>
Kapitulumfraktur	Mit einhergehender Abspaltung oder Trümmerfraktur des Kapitulum
Vertikale Kollumfraktur	Durch Abscherungsmechanismus, mit/ohne Dislokation
Transversale Kollumfraktur	Ausgeprägte Luxation und Achsabweichung des Kapitulum nach medial; Kontaktverlust der Fragmente
Diagonale Kollumfraktur	Durch Biegemechanismus, mit/ohne Dislokation oder durch Kombinationsmechanismus aus Biegung und Abscherung, mit/ohne Dislokation

*Tabelle 1: Klassifikation nach Wassmund (62)*

Sieben Jahre später ergänzte der selbe Autor (78) sein Konzept um die Beschreibung der Luxationsausprägung.

<i>Typ</i>	<i>Lokalisation</i>	<i>Luxation/Achsabweichung der Frakturfragmente</i>
<b>I</b>	Kollumfraktur	Luxation und Achsabweichung des Kapitulum von 10° bis 40° bei Kontakt der Frakturfragmente
<b>II</b>	Kollumfraktur	Luxation und Achsabweichung des Kapitulum von 50° bis 90° bei geringem Kontakt der Frakturfragmente
<b>III</b>	Kollumfraktur	Ausgeprägte Luxation und Achsabweichung des Kapitulum nach medial mit Kontaktverlust der Fragmente
<b>IV</b>	Kollumfraktur	Luxation und Achsabweichung des Kapitulum nach ventral, dorsal oder lateral
<b>V</b>	Kapitulumfraktur	Luxation oder Subluxation bei diakapitulärer Fraktur

*Tabelle 2: modifizierte Klassifikation nach Wassmund (78)*

Köhler (58) orientierte sich knapp zwei Jahrzehnte später ebenfalls an anatomischen Gegebenheiten und postulierte eine Differenzierung in drei Gruppen. Weiterführend seien tiefe Kollumfrakturen meist mit relevanten Dislokationen einhergehend, während hohe Kollum- sowie Kapitulumfrakturen vermehrt ohne Dislokation beobachtbar sind. Erstere seien in der Regel extrakapsulär, letztere üblicherweise intraartikulär verortet.

<i>Gruppe</i>	<i>Lokalisation</i>	<i>Dislokation/Luxation/Achsabweichung der Frakturfragmente</i>
<b>I</b>	Tiefe Kollumfraktur	Luxation oder Subluxation nach medial, in verschiedenen Winkelstellung
<b>II</b>	Tiefe Kollumfraktur	Dislocatio ad latus
<b>III</b>	Dia- bzw. subkapituläre Kollumfraktur und mittelhohe Kollumfraktur	Luxation nach medial

*Tabelle 3: Klassifikation nach Köhler (58)*

Neben und nach vielzähligen weiteren Einteilungen hat sich diejenige nach Spiessl und Schroll (76) als Basis für eine Vielzahl vergleichbarer Studien etabliert. Obwohl keine eindeutige, etwa über den Abweichungsgrad definierte und therapeutisch relevante Abgrenzung zwischen „displacement“ und „dislocation“ vollzogen wird, zeigt sie sich klinisch als besonders praktikabel (Vgl. Tab. 4 + Abb. 4-8).

<i>Typ</i>	<i>Lokalisation</i>	<i>Luxation/Achsabweichung der Frakturfragmente</i>
<b>I</b>	Kollumfraktur	Ohne wesentliche Dislokation
<b>II</b>	Tiefe Kollumfraktur	Mit Dislokation
<b>III</b> IIIa IIIb IIIc IIId	Hohe Kollumfraktur	Mit Dislokation Dislokation nach ventral Dislokation nach medial Dislokation nach lateral Dislokation nach dorsal
<b>IV</b>	Tiefe Kollumfraktur	Luxation $\geq 30^\circ$
<b>V</b>	Hohe Kollumfraktur	Luxation $\geq 30^\circ$
<b>VI</b>	Intrakapsuläre Kapitulumfraktur	

*Tabelle 4: Klassifikation nach Spiessl und Schroll (76)*



Abbildung 4: präoperatives OPT, bilaterale Kondylusfrakturen, ohne wesentliche Dislokation, Typ I nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2017)



Abbildung 5: präoperatives OPG, unilaterale Kondylusfraktur rechts, tief, mit Dislokation, Typ II nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2018)

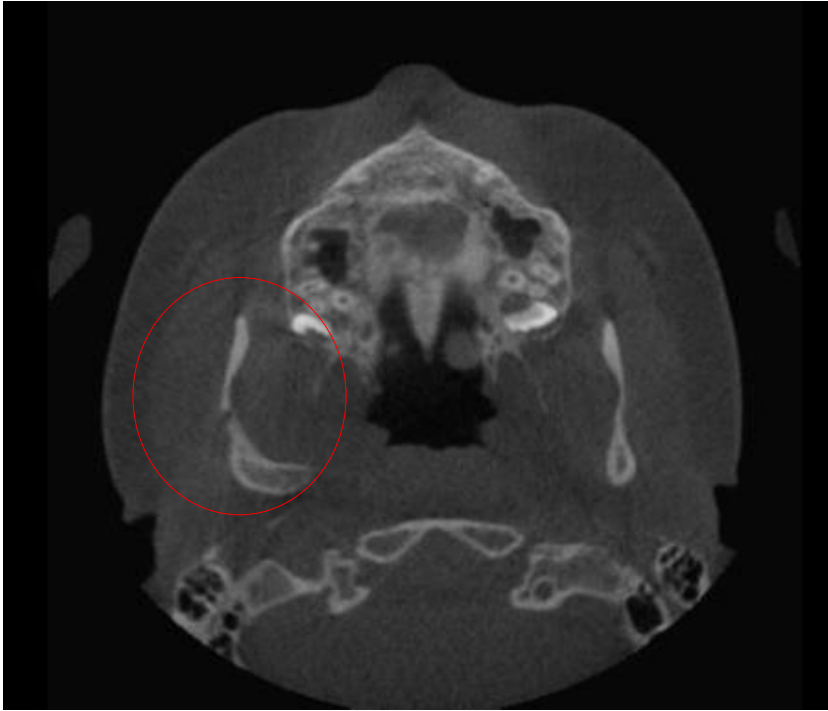


Abbildung 6: Präoperatives, axial rekonstruiertes DVT, unilaterale Kondylusfraktur rechts, hoch, mit Dislokation, Typ III nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2019)



Abbildung 7: Präoperatives OPT, unilaterale Kondylusfraktur rechts, tief, mit Luxation, Typ IV nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2017)





Abbildung 8: Präoperatives OPT, unilaterale Kondylusfraktur rechts, hoch, mit Luxation, Typ V nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2017)

Die inzwischen ebenfalls verbreitete Klassifizierung der Strasbourg Osteosynthesis Research Group (SORG) nach Loukota (75) wurde initiiert, um eine exakte anatomische, visualisierbare und einfache Einteilung der Kondylusfrakturen zu ermöglichen und die Terminologie „Kondylenbasis“ und „Kondylenhals“ festzuschreiben. Dafür definierten sie eine Linie A, die senkrecht zur Tangentenlinie entlang des Ramus mandibulae durch den tiefsten Punkt der Inzisura sigmoidea verläuft. Bei hohen Kondylusfrakturen (Kondylushalsfrakturen) verlaufen mehr als 50 Prozent der Frakturlinie über dieser gedachten Linie, bei tiefen Kondylusfrakturen (Kondylusbasisfrakturen) analog mehr als die Hälfte der Frakturlinie unterhalb davon (s. Abb. 9). Angaben zum Grad der Abweichung des Fragmentes werden hier zusätzlich berücksichtigt.

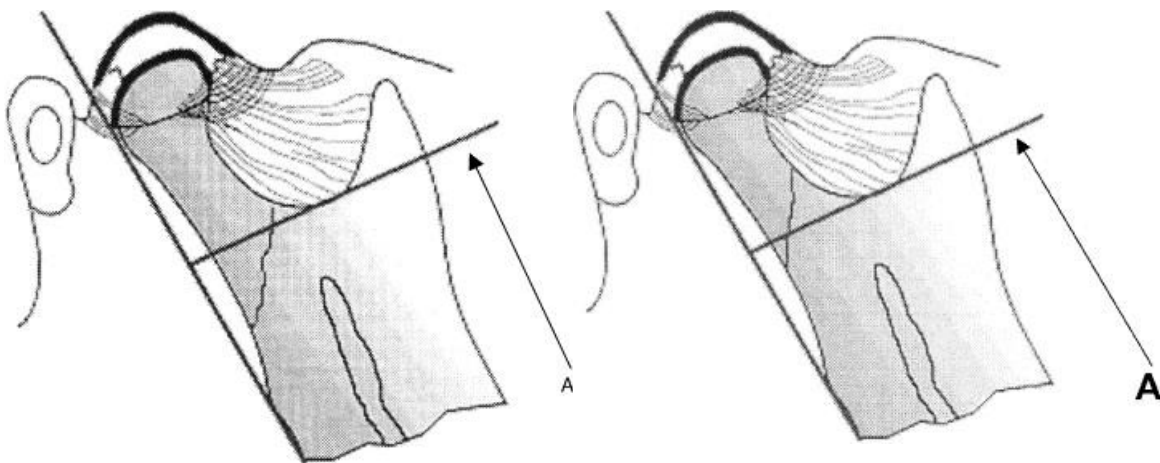


Abbildung 9: Subklassifikation nach Loukota, mandibuläre Kondylusbasisfraktur (li) und mandibuläre Kondylushalsfraktur (re) (75)

Neff et al (71) legten in Zusammenarbeit mit den europäischen Organisationen, der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO), der International Bone Research Association (IBRA) und der SORG die AO-CMF-Traumaklassifikation der Kiefergelenkfortsatzfrakturen im Präzisionslevel drei vor. Um vorangegangene Unklarheiten, widersprüchliche Nomenklaturen und inhomogene Einteilungen zu umgehen, liegt der Klassifikation zunächst die Unterteilung in drei anatomisch definierte Subregionen, dem Gelenkkopf (engl. „head“), den Gelenkhals (engl. „neck“) und die Gelenkfortsatzbasis (engl. „base“) zugrunde (s. Abb. 10). Spezifische topografische Landmarken und Referenzlinien werden insbesondere hinsichtlich der posterioren Ramuslinie entlang des Mandibularandes zwischen Tuberositas masseterica und lateralen Kiefergelenkpol definiert.

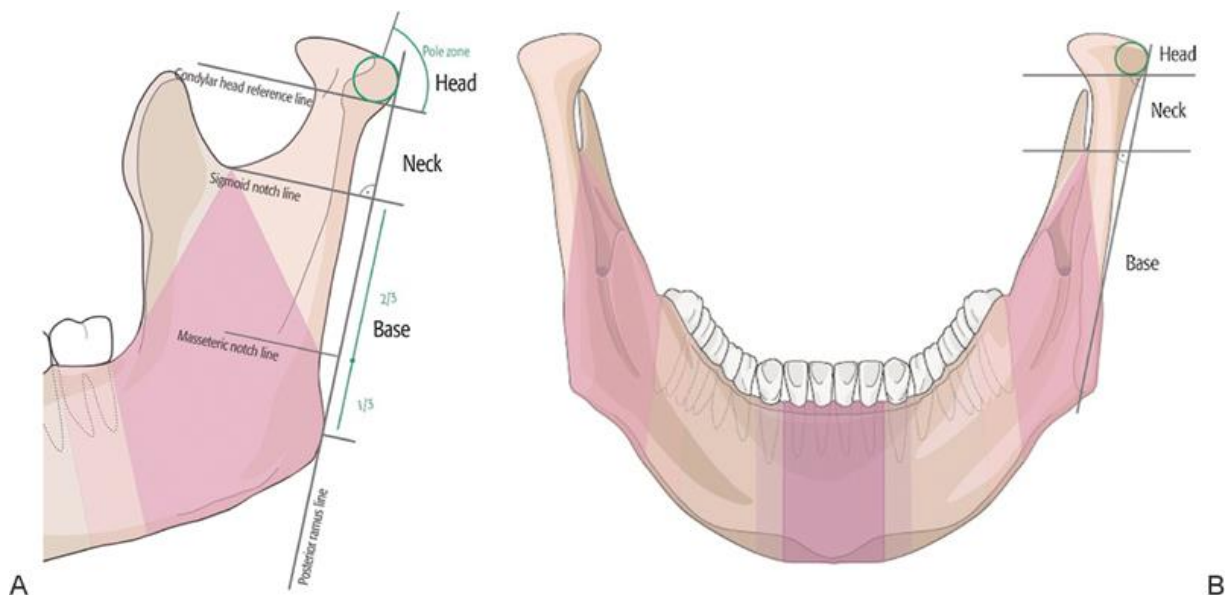


Abbildung 10: Laterale (li.) und posteriore (re.) Ansicht auf mandibulären Kondylusfortsatz mit anatomischen Landmarken und Referenzlinien nach AOCMF-Klassifikation (71)

Im Rahmen dessen sollen generelle, aber auch subgruppenspezifische diagnostische Parameter herangezogen werden, um präzise und reproduzierbare Beschreibungen der ggf. verlagerten Fragmente zu erreichen. Alle drei anatomischen Frakturtypen werden hinsichtlich des verbliebenen Knochenkontaktes in drei Grade „vollständig erhalten“ (0), „partiell erhalten“ (1) und „aufgehoben“ (2) unterteilt. Außerdem wird die Verschiebung der Fragmente, die Distorsion des Gelenkkopfes und der mögliche Verlust der Vertikaldimension begutachtet und jeweils in drei Kategorien gesetzt. Im Spezifischen werden Gelenkkopffrakturen in Typ m, der medial der lateralen Polzone liegt und zu keinem vertikalen Höhenverlust führt und Typ p, mit Frakturlinie inner- oder unterhalb der lateralen Polzone, eingeteilt.

Modifiziert bezogen auf die Referenzlinie nach Loukota (75) werden Gelenkhals- von Gelenkbasisfrakturen unterschieden. So liegt laut Neff et al. eine Halsfraktur vor, wenn nicht wie nach

Loukota mehr als die Hälfte, sondern mindestens ein Drittel des Bruchspaltes oberhalb dieses Lotes liegt. In dieser komplexen Klassifikation werden weitergehend abweichende Angulationen der Fragmente mit Gradangabe und detaillierte Beschreibungen der Dislokation bzw. Luxationsrichtung und -lokalisierung angegeben (71,77). Zur Einordnungen entsprechend dieser Klassifikation ist die radiologische Bildgebung unverzichtbar, eine präzise Beschreibung kann hier ohne dreidimensionale Bildgebung, einem CT oder DVT, in den wenigsten Fällen gelingen.

### **1.7. Therapiekonzepte der Kondylusfrakturen**

Der Entscheidungsfindung zur Therapie der Fraktur des Kiefergelenkfortsatzes sollte die Fragestellung vorausgehen, ob die Rehabilitation der temporomandibulären Artikulation im jeweiligen Fall sinnvoll und notwendig bzw. vorteilhaft für das Kausystem ist (79). Nach wissenschaftlicher Diskussion spielt das Kiefergelenk nachgewiesenermaßen für die Latero- und Mediotrusionen der Mandibula eine wichtige Rolle. Die Mundöffnung bleibt meist auch bei beschädigten Kondylen durch eine kompensativ verstärkte Rotations- anstatt physiologischer Translationsbewegung uneingeschränkt. Eine neuromuskuläre Anpassung erfolgt insbesondere bei veränderter Funktionsgeometrie, wie sie etwa im Falle der Dislokation des Kondylus, des Discus articularis und dem Zerreißen der Capsula articularis zu beobachten ist (8,80). Diese Adaption kann bei unilateral erkranktem Kondylus mit einhergehender Asymmetrie und eingeschränkter Mobilität gestört sein. Eine Änderung des Kauzyklus wurde auch bei bilateralen Frakturen festgestellt. Insgesamt zeigt sich, dass die temporomandibuläre Gelenkfunktion essenziell wichtig für ein effektiv funktionierendes Kausystem ist. Bis vor knapp 20 Jahren beherrschte die konservative Versorgung einer Kiefergelenkfortsatzfraktur die klinische Situation, heutzutage übernimmt die operative Intervention die Position der Standardversorgung (81). Auch wenn wissenschaftliche Einigung darüber besteht, dass die Indikation parameterabhängig variiert, gibt es keinen einheitlich anerkannten Konsens bezüglich der spezifischen Therapiemethoden bei Erwachsenen. Einheitliche Meinung besteht darüber, dass der Therapieentscheid fallspezifisch getroffen werden muss (79,82).

#### **1.7.1. Konservative Behandlungskonzepte**

Grundsätzliches Ziel der konservativen Therapie ist eine muskelgeführte Adaption bei möglichst regelhafter Okklusion. Bei dislozierten Brüchen erfolgt die Begradigung des betreffenden Knochenabschnittes hierbei durch funktionellen Umbau, eine Reposition des proximalen Fragmentes in anatomisch korrekter Position erfolgt in der Regel nicht (55,81). Die funktionelle

Anpassung erfolgt auf dreifacher Ebene, neben neuromuskulärer ist die skelettale sowie dentale Adaption zu nennen. Insbesondere im Falle bilateraler Kondylusfrakturen mit Verlust der vertikalen Dimension lässt sich die neuromuskuläre Anpassung beobachten. Das vollständige Fehlen der Artikulation muss hier gänzlich ausgeglichen werden. Studien konnten in diesen Fällen höhere Messwerte der posterioren Fasern des M. temporalis nachweisen, sodass der Unterkiefer in den Kieferschluss rotieren kann (83). Schließlich muss eine neue temporo-mandibuläre Artikulation etabliert werden. Dabei scheint eine Regeneration des Proc condylaris nach Kondylusfortsatzfraktur teilweise möglich. Lindahl et al. (43) bezeichneten die post-traumatische ossäre Remodellierung des Kondylus als Restitution. Sie sei bei Kindern (3-11 Jahre) im besonderen Maße, bei Jugendlichen bereits im abgeschwächten Rahmen und bei Erwachsenen in selteneren Fällen radiologisch nachweisbar. In anderen Darlegungen wird von funktionalem Remodelling gesprochen, wonach der Kondylus bei abnormalem Aussehen eine gute Funktionalität aufweist (43). So kommt es zur „Nearthrose“ mit verkürztem Gelenkfortsatz (84). Die zur Heilung notwendige Immobilisation der Frakturfragmente kann nur durch MMF gelingen. Die stattfindende ossäre Heilungsform ist in diesem Fall die indirekte (sekundäre) Frakturheilung. Nach Umorganisation des initialen Frakturhämatoms wird durch anschließende Kallusbildung schrittweise interfragmentäre Stabilität erreicht. Im Laufe differenziert dieser sich bildende ungeordnete Geflechtknochen unter Druck- und Zugbelastung zu Lamellenknochen. Der Remodellierungsprozess kann im Rahmen des Abbaus dislozierter Fragmente sowie durch Apposition von Knochengewebe beobachtet werden, ist dabei hauptsächlich altersabhängig und kann bis zu mehreren Jahren andauern (53).

Der konservative Therapieansatz bedient sich verschiedener Draht-, Gummi- und Schienenligaturen, um durch Schienung von Ober- und Unterkiefer eine Ruhigstellung der maxillo-mandibulären Einheit zu erreichen. Lediglich das zahntragende Fragment wird so reponiert, um zu einer regelrechten Okklusion zu gelangen. Bei wenigen Frakturausprägungen, wie beispielsweise bei reiner Dislocatio ad longitudinem, kann eine Reposition durch Distraction mittels Hypomochlion im Molarenbereich intendiert werden. Bei Dislocatio ad axim und generell stark dislozierten Frakturen wird in den meisten Fällen auf einen Repositionsversuch verzichtet (55). War die intermaxilläre Fixierung früher hauptsächlich starr und zeitlich generell auf jegliche Kondylusfortsatzfrakturen bezogen definiert, tendiert die autorenübergreifende Meinung inzwischen zu individuellen zeitlichen Konzepten und teilweise regredienten Fixierungszeiträumen. Um Immobilisationsschäden wie Kapitulumnekrose durch Druckbelastung oder Ankylose zu reduzieren, soll frühzeitig mit Bewegungen begonnen

werden. Davon sollen überwiegend Frakturen profitieren, die gelenknah verlaufen und mit Kapselbeteiligung einhergehen (69,81).

Die mehrphasige Behandlung beginnt mit der straffen Retention durch dental befestigte Draht- oder Schienenligaturen, bei zahnlosen Erkrankten etwa durch Kopf-Kinn-Kappen. Ernstligaturen werden dabei über zwei Zähne geschlungen, dabei können durch Umbiegen Haken für die Verschnürung erzeugt werden. Die konfektionierte Drahtschiene nach Schuchardt (85) wird intraoral angepasst, mit Drahtligamente fixiert und durch okklusale Abstützungen sowie interdentale Kunststoffummantelung vor dem Absinken geschützt. Schienen aus Metall oder Polymethylmethacrylat können auch anhand angefertigter Kiefermodelle hergestellt werden, um eine für das Parodont schonende Behandlung zu ermöglichen. Diese sind jedoch im zeitlichen Aufwand konfektionierten Schienen aufgrund präoperativer Abdrucknahme und Modellherstellung unterlegen. Alternativ können transgingivale Titanschrauben zwischen den Zahnwurzeln oder ossär verankerte Otten-Haken (86) inseriert werden. Die Schrauben stehen im besten Fall im Lot zum wirkenden Zugvektor der MMF, um Verwindungsspannungen auf deren Gewinde zu vermeiden. Das Eindrehen der Schrauben kann im Vergleich zu Schienenfixierung die Operationszeit verkürzen, meist werden vier Schrauben inseriert (66,87). Als zweite Phase beginnt die funktionelle Therapie nach etwa 1-2 Wochen mit funktionaler (Teil-)Mobilisation durch elastische Gummizüge, so genannten Elastics, oder durch funktionskieferorthopädische Geräte. Durch die zeitliche Begrenzung der rigiden Stabilisierung kann das Therapieziel jedoch nicht als Retention, sondern lediglich als Ruhigstellung definiert werden (8).

Die Behandlung mit dem Aktivator nach Andresen und Häupl (88) wurde früh in den Behandlungsablauf integriert. Dabei positioniert das Gerät die Mandibula in Okklusionsstellung und wirkt einer Deviation bei Mundöffnung entgegen (89). Ziele der funktionalen Therapie werden mit einer Mundöffnung von mindestens 40 mm, Latero- und Protrusion von mindestens 10 mm, schmerzfreie Unterkieferbewegungen in allen Richtungen und eine engmaschige Kontrolle durch den behandelnden Arzt oder Ärztin angegeben (70). Die fehlende skelettale Orientierung wird hierbei ausgeglichen und eine Rehabilitation der Okklusion ist unter muskulärer Führung möglich. Häufig kommt es zur Gelenkneubildung bei nach ventral disloziertem Kondyluskopf (55). Die substanzielle Wirkung der elastischen Zugkraft durch eingesetzte Gummiligaturen wird hauptsächlich als Reduktion der Kompression des temporomandibulären Gelenkes beschrieben, die im gesunden Kiefer durch Okklusion im Molarenbereich sichergestellt wird. Hauptintention der Gummis und eingesetzter Geräte ist es, das Risiko einer Ankylose zu senken (67). Nach erfolgter funktionaler Behandlungsphase werden die leichten Gummiligaturen meist nach etwa zwei Wochen entfernt. Im Rahmen engmaschiger Kontrollen kann das funktionale

Ergebnis überwacht und bei Okklusionsstörungen oder lateraler Deviation bei Mundöffnung die elastische Führungstherapie nach Bedarf fortgesetzt werden (41). Einige Autoren und Autorinnen empfehlen die zusätzliche Physiotherapie sowohl bei konservativ als auch operativ versorgten Frakturen, dabei wird eine zeitliche Angabe jedoch nicht konkretisiert. Aktive Übungen und palpatorische Stimulierung sollen dabei muskuläre Verkürzungen und Kapselschrumpfung minimieren und physiologische Unterkieferbewegungen einschließlich schmerzfreier Mundöffnung reetablieren (8,90–93).

Heute gilt die geschlossene Behandlung als bevorzugtes Verfahren bei:

- nicht dislozierten Kiefergelenkfortsatzfrakturen bei erhaltener Kondylus-Fossa-Relation und regelhafter Okklusion (41)
- Frakturen im Kindesalter (41,55)
- Unfähigkeit zur generellen Anästhesie aufgrund von Begleiterkrankungen und medikamentöser Anamnese (41,70)
- Isolierten intrakapsulären Kapitulumfrakturen (70).

Bei Frakturen bis etwa zum 12. Lebensjahr überwiegen bei hoher Remodellierungsaktivität mit guter anatomischer Restitution und dem Verzicht auf eine mögliche Manipulation des Wachstumszentrums und auf den operativen Eingriff, die Vorteile der konservativ-funktionellen Therapie (41). In vielen Fällen muss hier von einer eingeschränkten Compliance ausgegangen werden, gleichzeitig sind Kinder häufig schnell in der Lage, sich durch okklusale Führung an eine neue Unterkieferposition zu gewöhnen (67). In dieser Gruppierung werden auch Luxations- und dislozierte Frakturen in den meisten Fällen konservativ-funktionell behandelt. Hier spielt die frühe Mobilisation inklusive rigoroser Mundöffnungsübungen eine äußerst wichtige Rolle, da bei gesteigerter osteogenetischer Aktivität das Risiko einer Ankylosierung deutlich erhöht ist (69,81,93).

### 1.7.2. Operative Behandlungskonzepte

Angelehnt an die in der Literatur anerkannten Ausführungen zur allgemeinen chirurgischen Osteosynthese (94) hat Spiessl bereits vor knapp vier Jahrzehnten Forderungen an die offene Therapie festgesetzt. Dazu gehören eine exakte anatomische Reposition, eine funktionsstabile Fixierung durch Osteosynthese, die Sicherung und Erhalt der Blutzirkulation der Knochenfragmente sowie das schmerzfreie Ermöglichen einer aktiven Frühmobilisation. Insbesondere letztere soll zu einer Morbiditätsminderung und dadurch zur schnelleren posttraumatischen Re-

generation führen. Sie beruht auf der festen Fragmentfixation und ist einer möglichen Instabilität insbesondere hinsichtlich Infektionskomplikationen überlegen (95). Der Erhalt der physiologischen Position des Discus articularis sowie die Rehabilitation der artikulierenden Flächen zum diskoligamentären Komplex des Temporomandibulargelenks wird in der chirurgischen Betrachtung angestrebt. Beides dient unter anderem dem Wiedererlangen der Freiheitsgrade dieses Gelenks einschließlich seiner beschriebenen Kombinationsbewegung (Dreh-Gleit-Bewegung) (96). Das Konzept der offenen Reposition und inneren Osteosynthese (ORIF) setzt sich eine umfassende funktionelle, skelettale und ästhetische Wiederherstellung unter möglicher Schonung der Nachbarstrukturen als Ziel und unterscheidet sich damit grundlegend von dem konservativen Behandlungsansatz. Es wird die direkte (primäre) Frakturheilung ohne Kallusbildung angestrebt. Ein möglichst große Knochenkontaktfläche wird durch Kompression der Frakturenden gegeneinander erreicht. Im Rahmen der Kontaktheilung wird das posttraumatische Frakturhämatom resorbiert und Haverskanäle gruppieren sich über den Bruchspalt bereits Wochen nach stabiler Fixierung. Zeitgleich bildet sich parallel zur Frakturlinie lamellär aufgebaute Knochenstruktur (55). Die Revaskularisierung mit einhergehender Gefäßaussprossung über den Frakturverlauf hinweg sichert die Gewebernahrung. Chirurgische Intervention und Osteosynthesematerial wie flächig aufliegende Platten können die Durchblutung jedoch gefährden und etwa zu Frakturheilungsstörung und Nekrosen durch Avaskularität führen. Außerdem kann die stattfindende Heilung der Fraktur Zwischenstadien im Übergangsbereich zwischen komplett instabiler und stabiler Fixierung einnehmen. Bei unstabiler Osteosynthese kann vermehrte Knochenresorption mit Kallusbildung bis zur vollständigen Stabilisierung durch den Kallus auftreten (53). Bereits Silvennoinen (97) postulierte, kritische Frakturen durch Röntgendiagnostik prätherapeutisch zu identifizieren und konsekutiv operativ zu versorgen. Zwei Fallgruppen wurden dabei definiert: dislozierte Frakturmuster mit reduzierter Ramushöhe und Kondylusluxationsfrakturen.

Insgesamt zeigt sich, im Vergleich zur Osteosynthese im Bereich des Unterkieferkörpers jedoch etwas verzögert, eine eindeutige Tendenz in Richtung der zunehmenden operativen Versorgung der Kiefergelenkfortsatzfrakturen (12,98). Die Entwicklung einer funktionsstabilen Osteosynthese ermöglicht stabile okklusale Verhältnisse und eine frühe Mobilisation, die damit einhergehende Muskelaktivität kann über Aktivierung mesenchymalen Gewebes die Differenzierung von Osteoblasten anstoßen und dadurch die Heilung beschleunigen (8).

Die operative Versorgung der Kiefergelenkfortsatzfrakturen ist auch bei verbesserten Osteosynthesematerialien und langer wissenschaftlicher Diskussion mit hohen Anforderungen verbunden und birgt durchaus relevante Risiken. Daher kann auch heute noch nicht von einer

definierten Indikation zum chirurgischen Eingreifen berichtet werden. Zide (99) vereinfachte und pointierte die Debatte um mögliche (Kontra-)Indikationen schlussendlich in seiner Abhandlung des Artikels von Haug (100) damit, dass es lediglich zwei tatsächliche Indikationen zur offenen Reposition und Osteosynthese gibt: die Verlagerung des Kondylus sowie eine gegebene Instabilität des Ramus mandibulae. Die Indikation wird zunehmend autorenübergreifend enger gestellt. Diverse Autoren und Autorinnen beschreiben absolute bzw. relative Indikationen in folgenden Fällen:

#### I. Absolute Indikation bei

- Erheblicher Luxation mit Verlust der Kondylus-Fossa-Beziehung (41,81)
- Erheblicher Dislokation  $> 45^\circ$  (41,66) und/oder erheblicher Verlust Vertikaldimension (81,93,101,102)
- Erheblicher Diastase der Fragmentenden, ggf. bei Weichgewebeinterposition (41,101)
- Kondylusluxation in die mittlere Schädelgrube (12,70)
- Offene Fraktur, z. B. mit Anwesenheit eines Fremdkörpers (12,70)
- Okklusionsstörungen unter konservativer Therapie (12,41,70,101)

#### II. Relative Indikation bei

- Gleichzeitigen Mittelgesichtsfrakturen bei Verlust der vertikalen Abstützung über die Kiefergelenke (12,70)
- Moderatem Verlust der Vertikaldimension  $\geq 2$  mm (70)
- Relevanten Kontraindikationen für MMF (12,41,101)
- Bilateralen Gelenkfortsatzfrakturen (70,101)
- Begleitfrakturen der Mandibula insbesondere bei mangelhafter oder fehlender dentaler Abstützung (41,70)

Die finale Behandlungsentscheidung bleibt dennoch fallabhängig sowie eine individuelle Entscheidung gemeinsam mit dem Patienten oder Patientin und muss an die ortsgebundenen Möglichkeiten und anatomischen Gegebenheiten angepasst werden (41). Die korrekte Reposition ist Voraussetzung vor Insertion des Osteosynthesematerials, meist ist dafür die Relaxierung des narkotisierten Patienten oder Patientin unweigerlich notwendig. Malpositionierte proximale Fragmente sind in der Mehrzahl der Fälle medial verlagert, die Bergung ist in diesem Fall erschwert. Vor exakter Reponierung ist eine Zugkraft an dem Unterkiefer notwendig, um die vertikale Dimension wiederherzustellen. Der Zug kann durch



manuelle Kraft, einen intramaxillären Aufbisskeil oder mit Instrumenten wie Haken, Hebeln und Zangen erzeugt werden. Die richtige Positionierung muss durch visuelle Kontrolle des Fraktursitus sowie durch dentale Okklusion überprüft werden (55).

Laut bestimmter wissenschaftlichen Schriften können Kiefergelenkfortsatzfrakturen nach offener Reposition auch ohne osteosynthetische Stabilisierung behandelt werden. Dabei wird ein zum konservativen Vorgehen analoges Verfahren durch MMF, Immobilisation und folgende funktionelle Therapie postuliert. Vorteile sollen etwa die Abwesenheit möglicher Komplikationen, wie Materiallockerung mit anschließender Frakturheilungsstörung, sein, die durch die Platteninsertion entstehen können (101,103).

#### 1.7.2.1. Zugang

Die Versorgung von Kiefergelenkfortsatzfrakturen stellt insbesondere aufgrund der eingeschränkter Sicht hohe Anforderungen an die Operateure. Dennoch erfordert eine adäquate operative Versorgung die direkte Darstellung des Fraktursitus. Abhängig von Frakturlokalisation und Osteosynthesetechnik können alternative Zugangswege dienen (55). Universelle Anforderungen an den Zugang sind das Ausbleiben von irreversiblen Schäden und eine optimale Erfassung der Frakturfragmente, um eine einsehbare und sichere Reponierung der Frakturfragmente durchführen zu können. Dadurch wird die ungestörte Reposition und komplette Funktionswiederherstellung ermöglicht. Gleichzeitig sollte die postoperative Narbe möglichst unscheinbar bleiben. Der Zugang zum Kiefergelenk ist bei enger Lagebeziehung zu relevanten Nachbarstrukturen in jedem Fall erschwert (69). Er sollte hauptsächlich abhängig von Frakturhöhe und -position gewählt werden, da kein chirurgischer Zugang eine vollständige Aufsicht auf alle Frakturtypen und Dislokationsformen gewährt (67). Die Debatte um alternative Zugangsformen betrifft bei den extraoralen Zugängen im Wesentlichen nicht die Hautinzision, sondern die anschließende Präparation des subkutanen Gewebes (1). Im Folgenden die am häufigsten verwendeten chirurgischen Zugänge dargelegt.

##### 1.7.2.1.1. Retromandibulär

Bei dem so genannten „Ellis approach“ nach dem namensgebenden Beschreiber (104) beginnt die extraorale Inzision 0,5 cm unterhalb des Ohrläppchens, wenn möglich in einer Hautfalte und verläuft von da aus etwa 3 cm nach kaudal, unmittelbar dorsal und parallel zum posterioren Rand des aufsteigenden Unterkieferastes. Der Zugang zur Parotiskapsel wird durch Haut, subkutanen Fettgewebe und oberflächliches Platysma geschaffen, dessen Muskelfasern scharf eröffnet werden. Subplatysmal kann die Parotisfaszie identifiziert werden. Die weitere Dissektion

erfolgt parallel zum N. facialis, dessen feine Äste im Operationsbereich vorsichtig herauspräpariert und zurückgehalten werden. Im Wechselschnitt wird bis auf die Mandibula präpariert. Die Eröffnung des Periosts kann scharf erfolgen, die Frakturrenden werden unter Traktion sichtbar gemacht. Eine hohe Relevanz hat der mehrschichtige Wundverschluss, der speicheldicht und mit fortlaufender Naht durch die Kapsel der Ohrspeicheldrüse gestaltet werden muss (s. Abb. 11).



Abbildung 11: Retromandibulärer Zugang, Inzision der Faszia parotidea (Mitte) und speicheldichter Verschluss (re.) nach Reposition und Osteosynthese einer Collumfraktur (Aufnahme: M. Maurer, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg)

Vorteilhaft wird im Vergleich zum submandibulären Zugang die verkürzte Distanz bis zum Kondylus mit konsekutiv geringerer Notwendigkeit eines forcierten Hakenzuges, sowie die zusätzlich ermöglichte Darstellung der Incisura sigmoidea und vor allem eine gute Übersicht gelistet (1). Auch die postoperative Narbe bleibt meist unauffällig. Relevante Nachteile können das dezent erhöhte Risiko einer Speicheldrüsenfistel und ein Risiko der Schädigung des N. facialis sein. Vorsicht sollte daher insbesondere bei Traktion des Weichgewebes geboten sein (105). Indikationen sind Frakturen des Typus II und V nach der Klassifikation von Spiessl und Schroll (76), während der Zugang für hohe und intrakapsuläre Frakturen des Typ VI derselben Einteilung ungeeignet ist. Teilweise ist auch die Reposition medial verlagelter Frakturfragmente erschwert (67).

#### 1.7.2.1.2. Submandibulär

Bereits vor etwa einem Jahrhundert publizierte Perthes die Beschreibung des submandibulären Zugangs (106). Die 4-5 cm lange Hautinzision erfolgt entlang der Hautspannungslinien um den Angulus mandibulae, etwa 3 cm (zwei Querfinger) unterhalb des Unterkieferkorpus. Nach Durchtrennen von Haut und Subkutis wird das exponierte Platysma bis zur oberflächlichen Schicht der tiefen Halsfaszie quer durchtrennt, ggf. reicht ein Aufspreizen in Faserrichtung. Der

R. marginalis n. facialis kommt dabei kranial des Schnittes zu liegen und sollte ggf. unter Zuhilfenahme eines Nervstimulators identifiziert werden. Bei Darstellung der A. oder V. facialis, die am Unterkieferunterrand den N. facialis unterkreuzen, ist teilweise deren Ligation notwendig. Sie können helfen, den Nerven zu lokalisieren und werden mit diesem für die weitere Operation nach kranial gehalten (55). Durch einen horizontalen Schnitt wird der M. masseter an der Unterkieferbasis quer durchtrennt und wird bukkal nach kranial eleviert. Der Periostschlauch wird, wenn möglich, lediglich auf der Unterkieferaußenseite scharf eröffnet, der Frakturbereich durch Weichgeweberetraktion freigelegt. Als relevanter Nachteil dieses Zugangs wird die verlängerte zurückzulegende Strecke zwischen initialem Schnitt und Kiefergelenkfortsatz und damit dem stärkeren Druck auf umgebendes Weichgewebe genannt. Studien zeigen ein erhöhtes Risiko für Störungen des R. marginalis n. facialis (69,70,107).

Eine Modifikation des submandibulären Zugangs ist als „transmasseteric antero-parotid“ (TMAP) Technik bekannt geworden. Das Risiko der Fazialisschädigung soll durch die Präparation entlang des superfiziellen muskuloaponeurotischen Systems (SMAS) bis zur anterioren Kante der Gl. parotidea und anschließender Spreizung der Muskelfasern des M. masseter vermieden werden. Die Dissektion findet in einer Region statt, die von Ästen des Nerven frei ist und erfolgt im Gegensatz zum ursprünglichen submandibulären Zugang nicht transparotideal (108,109).

#### 1.7.2.1.3. Perimandibulär/-angulär

Bei diesem Zugang wird der 4-5 cm messende Hautschnitt etwas posterior des Angulus mandibulae nach kranial führend in Richtung Tragus durchgeführt. Die subkutane Dissektion bleibt oberhalb der Ebene des Platysma und damit des N. facialis. Das Platysma wird schräg eröffnet, die Fascia parotideomasseterica auf dem M. masseter ebenfalls. Variabel verlaufende Äste und Aufzweigungen des N. facialis werden durch Nervstimulation aufgesucht und bei der weiteren Präparation geschont. Diese feinen Äste, die in der Inzisionslinie zu liegen kommen, sind meist Anastomosen zwischen Rr. buccales und R. marginalis mandibulae des Nerven. Der M. masseter wird gelöst und schräg präpariert. Durch Aufhalten des Muskels soll die Fraktur und der Hinterrand des Ramus mandibulae bis zum Angulus mandibulae dargestellt werden. Dabei verbleibt der R. marginalis des N. facialis, im Gegensatz zum submandibulären Zugang, im kaudalen Anteil des Muskels. Auch der R. colli des N. facialis, der das Platysma motorisch innerviert und unter anderem die Depression des Mundwinkels mitbewirkt, bleibt unberührt. Nach Frakturversorgung muss die funktionelle Integrität des M. masseter und Platysmas durch

resorbierbare Nahtapplikation wiederhergestellt werden (67,69). Der perimandibuläre (-anguläre) Zugang ist geeignet für die Zugschraubenosteosynthese und Kiefergelenkhalsfrakturen (8).

#### 1.7.2.1.4. Intraoral

Um die Nachteile einer ästhetisch relevanten Narbe und das Risiko der Schädigung der Äste des N. facialis zu umgehen, kann ein intraoraler Zugangsweg gewählt werden. Erstbeschreiber im Rahmen von Eingriffe am Kiefergelenkfortsatz war Silverman (110), erstmals von einer erfolgreichen Behandlung von Gelenkfortsatzfrakturen berichtete einige Jahrzehnte später Steinhäuser (111), und mit Miniosteosyntheseplatten Pape et al. (112). Da bei engen Platzverhältnissen lediglich eine limitierte Darstellung des Kiefergelenkfortsatzes erlaubt wird, können hauptsächlich tiefer gelegene Kondylusfrakturen versorgt werden. Dabei gilt, je basaler die Frakturlinie lokalisiert ist, umso leichter sind die Fragmente über den enoralen Weg erreichbar. Hohe Kollum- und Kapitulumfrakturen sind in den meisten Fällen nicht über einen alleinigen oralen Zugang fixierbar. Frakturen mit Verlust der Kondylus-Fossa-Relation sollten ebenfalls über extraorale Zugänge versorgt (66). Die 4-5 cm lange Inzision erfolgt, analog zum Vorgehen bei der sagittalen Osteotomie des R. mandibulae, in der vestibulären Mukosa. Sie wird posterolateral des ersten Molarens entlang des aufsteigenden Unterkieferastes bogenförmig nach kranial geführt. Es müssen Mukosa, Muskelfasern des M. temporalis und M. masseter und Periost mindestens bis zur Höhe der Incisura mandibulae vom Proc. coronoideus gelöst werden, bis der Frakturverlauf suffizient exploriert ist. Relevante Nachbarstrukturen sind hier die Vasa masseterica sowie der R. massetericus des N. mandibularis, die in der Knocheneinkerbung verlaufen. Ebenso sind der Ductus parotideus und dessen Papille zu schonen. Am dorsalen Rand des aufsteigenden Astes muss weitergehend die V. retromandibularis beachtet werden. Auch eine Schädigung des lateral intraparotideal verlaufenden N. facialis ist bei diesem Zugang in der Theorie möglich. Daher muss im Zuge der intraoperativen Koagulation in diesem Bereich Vorsicht geboten sein (113).

Zur osteosynthetischen Versorgung im Rahmen des intraoralen Zuganges sind aufgrund des ungünstigen Winkels rechtwinkelige Handstücke und Schraubendreher notwendig. Alternativ können durch eine zusätzliche transbukale Inzision mit Hilfe eines transfazialen Trokars Schrauben inseriert werden. Dadurch entsteht jedoch ein relevantes Risiko der Schädigung des N. facialis, die in Studien allerdings gehäuft lediglich temporär auftrat (114). Das Behandlungsergebnis nach intraoralem Zugang wird studienabhängig kontrovers beurteilt, während einige von befriedigenden funktionellen Ergebnissen bei postoperativer Schmerzfreiheit der Muskeln

und des Kiefergelenks sowie physiologischer Mundöffnung berichten (115), betonen andere Studien mit kleineren Fallkohorten den hohen technischen Anspruch bei verbleibender Gefahr postoperativer Komplikationen (10) und beschreiben teilweise ein negativer zu bewerteten Outcome (116).

#### 1.7.2.1.5. Retroaurikulär

Da der Zugang zum Kiefergelenk durch die beschriebenen Techniken nicht möglich ist, wurde schon früh eine Technik zur operativen Exploration vorgestellt (117,118). Zur Versorgung von Kapitulumfrakturen ist dieser Zugang daher geeignet. Das operative Vorgehen basiert hauptsächlich auf den Ausführungen von Reich (119,120) und stellt in der Liste der extraoralen Zugangswege den ästhetisch unauffälligsten dar. Die Inzision verläuft 3 mm dorsal und parallel zur postaurikulären Flexur in Bogenform. Die Präparation erfolgt durch den äußeren Gehörgang von außen nach zentral, nach Inzision der Faszie des M. temporalis zur Gelenkkapsel des Kiefergelenks. Eine ausreichende Darstellung der intraartikulären diakapitulären Frakturen ist bei dorsokaudaler direkter Kapselansicht gewährleistet, das Lig. laterale und der laterale Kapselansatz können unangetastet bleiben. Auch das Risiko einer Schädigung des N. facialis ist hier weiter gesenkt (61). Dennoch bleibt der größte Nachteil ein gegebenes Risiko der Stenose des äußeren Gehörganges, da dieser im konchalen Bereich vollkommen durchtrennt wird (121). Das Ohr wird von dorsal abgehoben, bleibt jedoch allzeit ventral über die Haut gestielt. Der Wundverschluss muss mehrschichtig, unter besonderem Fokus auf die Rekonstruktion des Meatus acusticus externus, erfolgen (70).

#### 1.7.2.1.6. Präaurikulär

Der präaurikuläre Zugang stellt einschließlich diverser Modifikationen die gebräuchlichste Operationstechnik bei Eingriffen am Kiefergelenk sowie bei diakapitulären Frakturen dar (122). Er ist geeignet, die proximalen Anteile des Kondylus einschließlich des Discus articularis zu exponieren, gleichfalls ist die Einsicht auf den subkondylären Bereich eingeschränkt. Daher wird er für intraartikuläre und Gelenkhalsfrakturen, nicht aber für tiefere Kiefergelenkbasisfrakturen beschrieben (69). Initial wird kutan in einer prätragalen Falte, analog zur Face-lift-Operation, inzidiert. Im subkutanen Gewebe werden die Vasa temporalia superficialis exponiert und als Landmarke zur Dissektion zwischen kranialem und kaudalem Anteil verwendet. Oberhalb des Jochbogens wird die oberflächliche Temporalisfaszie schräg eröffnet, der Stirnast des N. facialis verläuft parallel dazu. Die Präparation erfolgt unterhalb des Periostes des Arcus zygomaticus bis zur Capsula articularis. Für einen Zugang zum Kapitulum und des Discus

articularis wird diese inzidiert, zum Kollum hin bleibt die Dissektion subperiostal. Nach osteosynthetischer Versorgung ist der mehrschichtige Wundverschluss von Gelenkkapsel, Temporalisfaszie, subkutanen Gewebe sowie der Haut essenziell (70). Relevante Risiken der Technik sind Schädigungen des N. facialis, ein mögliches Auftreten eines Frey-Syndroms sowie eine Narbe im sichtbaren Bereich (67).

#### 1.7.2.1.7. Aurikulär

Rasse (123) modifizierte den präaurikulären Zugang und schlägt eine Inzisionslinie entlang der Innenkante des Tragus und dem Helixrandes nach kranial bis in die behaarte Schläfenregion nach ventral vor. Anatomische Leitstruktur ist der Innervationsbereich des sensiblen N. auriculotemporalis an der Ohrmuschel. Bei der Präparation verbleibt die Ohrmuskulatur an der Haut, die Fasern des M. epicranii werden durchtrennt. Die Dissektion erfolgt nach ventral oberhalb der oberflächlichen Temporalisfaszie, bis diese nach Darstellung der dorsalen Region des Arcus zygomaticus nach dorso-kaudal durchtrennt wird. Die folgende subperiostale Präparation verläuft lateral und anterior der Äste des N. facialis in Richtung Tuberculum articulare. Im Verlauf werden N. auriculotemporalis sowie A. und V. temporalis superficialis, die sich um den Gelenkhals winden, dargestellt und geschont. Stirnäste des N. facialis laufen mit diesen Gefäßen zusammen und können so ebenfalls geschützt werden. Anschließend kann der subperiostale Zugang zum Kondylus durch senkrechte Inzision geschaffen werden. Bei intraartikulären Frakturen wird die Gelenkkapsel eröffnet, damit Reposition und Osteosynthese unter direkter Aufsicht möglich sind. Für die Versorgung von Kapitulumfrakturen kann dieser Zugang dem retroaurikulären dadurch unterlegen sein, dass die Sicht durch belassenes Weichgewebe zwischen Meatus acusticus externus und Gelenkkopf ggf. gestört wird (66).

#### 1.7.2.1.8. Endoskopisch assistierte Operationstechnik

Minimal invasive Chirurgie (MIS) wird universell betrachtet und fächerübergreifend populärer und ist im Rahmen eines endoskopisch unterstützten operativen Verfahrens auch zur internen Fixierung der Kiefergelenkfortsatzfrakturen bekannt (124). Zur besseren Darstellung kann sich im Rahmen eines extra- oder intraoralen Zugangs der endoskopischen Assistenz bedient werden. Dieses Kombinationsverfahren beinhaltet spezielles Instrumentarium einschließlich spezifischer Wund- und Repositionshaken. Die eingesetzten Endoskope, flexible oder starre Optiken, werden meist im 30° abgewinkelten und 4 mm durchmessenden Kaliber verwendet. Die Optiken werden über den operativen Zugang eingeführt und bis zum Sichtbarwerden des Fraktursitus vorgeschoben. Im Anschluss können die Frakturrenden unter visueller Kontrolle anatomisch sicher reponiert und rigide fixiert werden. Teilweise werden transbukkkale Trokare

über eine zusätzliche Inzision zur Verschraubung des Osteosynthesematerials eingesetzt (67,113).

Schön et al (125) proklamieren eine Minimierung der extraoralen Narbe und ein vermindertes Risiko der Schädigung des N. facialis. Nach Haug (114) stellen sowohl die traditionelle als auch die endoskopisch assistierte Operationstechnik eine jeweils konsequente und einheitliche Form der Versorgung dar, die mit akzeptablen Ergebnissen einhergehen. Das Auftreten von Narben und temporären Schwächen des N. facialis ist in beiden Zugangsformen vergleichbar. Gleichzeitig ist die endoskopische Versorgung besonders durch instrumentellen Mehraufwand meist weniger ökonomisch, die Operationszeit im Vergleich erhöht.

#### 1.7.2.2. Offene Reposition und interne Fixierung

Einen großen Fortschritt verdankt die Behandlung von Kiefergelenkfortsatzfrakturen der Weiterentwicklung des Osteosynthesematerials und dessen Anwendung. Eine nicht rigide Osteosynthesemethode durch Drahtschlingen oder interne Marknagelung gilt als überholt, wengleich sie ein Aufklaffen des Frakturspaltes abwendet. Bei aktiven Unterkieferbewegungen kann es in diesem Fall zur interfragmentären Verschiebung kommen, sodass keine direkte Knochenheilung möglich ist (55).

Inzwischen ist die offene Reposition mit anschließender Osteosynthese standardisiert worden, es gibt eine große Auswahl diverser Arten von Osteosyntheseplatten und -schrauben.

Populär wurde die Miniplattenosteosynthese nach Publikationen von Michelet (126) und Champy. Festgesetzte Prinzipien dieser funktionsstabilen Osteosynthesetechnik ist die Positionierung entlang physiologischer Spannungslinien, den von Champy definierten Osteosyntheselinien (127,128). Dadurch kann bei reduzierter Kontaktfläche des Fremdmaterials mit dem Knochen eine gute Stabilität bei Belastung gesichert werden.

Die zu tragende Last wird im verwendeten „load-sharing“ Konzept auf Knochen und Platte verteilt. Damit grenzt es sich von der „load-bearing“ Osteosynthese ab, bei der die Rekonstruktionsplatten die gesamte Last übernehmen. Letztere, meist 2,5 mm durchmessende Platten, finden im Gelenkfortsatzbereich des Unterkiefers kaum Verwendung. Es werden hier Titanplatten beidseits der Frakturlinie mit mindestens zwei monokortikalen Schrauben mit Durchmesser von 1,7 – 2,3 mm befestigt (129).



Abbildung 12: Postoperative Kontrollaufnahme (Clements-Chittich-Aufnahme) nach Osteosynthese einer Kollumfraktur links, mit zwei Miniplatten und Osteosynthese der paramedianen Mandibularfraktur rechts (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2017)

Insbesondere bei hohen Kondylusfrakturen kommen sogenannte L-Platten oder spezifische Champy-Magdeburg-Platten, die mit einer geringeren Distanz zwischen zwei Schraubenlöchern ausgestattet sind, zur Anwendung. Eine Irritation des Kapsel-Band-Apparates soll so vermieden werden (69). Miniplatten existieren generell in verschiedenen Profilstärken und Ausführungen, insbesondere bei limitierten anatomischen Verhältnissen und Knochenangebot werden sie hauptsächlich in Dimensionen von 1.0 bis 2.0 mm verwendet. Unter anderem haben werkstoffliche Entwicklungen dazu beigetragen, dass die Materialdimensionen im Laufe der Zeit deutlich reduziert wurden. Bei der Frakturversorgung sollte eine Positionierung im Sinne einer Zuggurtung angestrebt werden. Nach biomechanischen Studien propagieren diverse wissenschaftliche Ausführungen dafür die



Anwendung zweier zueinander paralleler Miniplatten, die einen nach unten offenen Winkel ausbilden (s. Abb. 13).



Abbildung 13: Postoperatives Orthopantogramm (OPT) nach Osteosynthese mittels 3- und 4-Loch-Miniplatten bei Kondylusfraktur links (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2023)

Grund dafür ist, dass singular eingesetzt Miniplatten in klinischen Studien bei Kiefergelenkhals- und -basisfrakturen auf Grund von funktionell wirkenden Torsionskräften versagen. Das kann zu Schraubenlockerung, Ermüdungsfraktur und insgesamt zu inadäquater Stabilisierung führen. Daher wird eine Platte senkrecht am Dorsalrand des R. mandibulae befestigt, um den physiologischen Zugkräften den M. pterygoideus lateralis entgegenzuwirken. Die zweite Platte gewährleistet Rotationsstabilität, wenn sie entlang der ossären Trajektorien am ventralen Rand des R. mandibulae schräg unter der Inzisur appliziert wird. (55,130–132). Alternative singuläre Platten imitieren die V- bzw. Y-Form zweier Platten. Beispiele sind so genannte Lambda-, Delta-, und Trapezplatten, die dementsprechend dreidimensional gestaltet sind und einen bohrungsfreien Steg zur Versteifung besitzen. Eine weitere Möglichkeit stellen adaptive Platten- und Schraubensysteme dar. Reduzierte interfragmentäre Abstützung kann auch durch kombinierte winkelstabile (dreidimensionale) Plattensysteme kompensiert werden. Verwendete Schrauben sind dabei stabil mit der Platte verbunden (55,133).

Alternativ kann von axialen Zugschrauben Gebrauch gemacht werden. In der von Eckelt initial beschriebenen (134) und im Verlauf modifizierten (135,136) Methode wird nach erfolgter Reposition ein zentraler Gleitlochkanal ausgehend von der Unterkieferbasis im aufsteigenden Ast gebohrt. Durch eine 10 mm lange Bohrung wird das proximale Fragment erfasst und durch

eine Zugschraube fixiert. Dadurch kommt es zur Kompression der beiden Frakturfragmente gegeneinander. Kontraindikationen stellen äußerst schmale und gekrümmte Unterkiefer dar, bei denen die Gefahr der Perforation der lateralen Kortikalis zu hoch ist. Auch die Zugschraubenosteosynthese wurde im Anschluss in modifizierter Anwendung propagiert. So schlug etwa Krenkel (137) einen reduzierten Gleitkanal vor, indem die Zugschraube erst in der Mitte des aufsteigenden Astes in kranialer Richtung inseriert wird. Reuther stellte eine Kombination aus Zugschraube und Platte als Würzburger Zugschraubenplattensystem vor. Sie soll die Problematik des variablen Knochenangebotes des aufsteigenden Astes, insbesondere bei graziler Ausprägung umgehen. Dabei wird die Osteosyntheseplatte 5-8 mm distal der Frakturlinie am posterioren Rand des Ramus positioniert, die Zugschraube in 10° Inklinationsstellung durch ein vorgebohrtes Gleitloch inseriert (138). Kapitulumfrakturen nehmen aufgrund enger Platzverhältnisse und minimalem Knochenangebot auch bei der Osteosynthese eine Sonderrolle ein. Es werden häufig Schrauben, ggf. in Kombination mit Pins verwendet, die Verschraubung findet senkrecht zum Frakturspalt statt. Aufgrund des häufigen Frakturmechanismus verlaufen sie für eine günstige interfragmentäre Fixierung deshalb von lateral kaudal nach kranial medial. Ihr Durchmesser beträgt in der Regel maximal 2 mm, bei einer Länge zwischen 13 und 17 mm. Die Schrauben müssen nicht zwingend die mediale Kortikalis fassen und können bei stabilen Verhältnissen als Zugschrauben und in Kombination mit rotationssichernden Pins appliziert werden. Je nach ossären Gegebenheiten werden eine bis drei Schrauben verwendet (55).

Noch immer ist Titan das standardmäßig verwendete Osteosynthesematerial, da es eine gute Biokompatibilität bei adäquatem Elastizitätsmodul und mechanischen Eigenschaften zeigt. Das Metall kann nach Ausheilung entfernt werden. Da dafür ein erneutes operatives Eingreifen erforderlich ist und klinische Problematik nicht sichergehend festgestellt oder ausgeschlossen werden kann, wird das osteosynthetische Material im Bereich des Kollums meist belassen. Wird das Material jedoch entfernt, wird ein Zeitraum nach vier bis sechs Monaten empfohlen, da im weiteren Verlauf mit einer erschwerten Explantation zu rechnen ist (7,139). Daneben wurden resorbierbare Materialalternativen entwickelt, um etwa den Nachteil der erneuten Operation mit den damit einhergehenden Risiken zu eliminieren (53). Geeignete Werkstoffe sind hochmolekulare Polymere in Form von Polylaktiden (PLA), Polydioxanon (PDS) oder Polyglykoliden (PGA) und deren Kopolymere, von denen diverse für die traumatologische Versorgung zugelassen sind. Positiv wurde dabei über eine gute Gewebeverträglichkeit berichtet (140). Dennoch bleibt die Indikation für Frakturen der Mandibula aufgrund reduzierter

Funktionsstabilität und notwendiger temporärer intermaxillärer Fixierung eingeschränkt (53). In einer Finite-Elemente-Analyse zeigten auch neue resorbierbare Materialien aus Polylaktid-co-Glykolid (PLGA) und Polyl-L-Polylaktid (PLLA) im Vergleich zu etablierten Titanlegierungen schlechtere Ergebnisse hinsichtlich Spannungs- und Mechanikeigenschaften. Dadurch kann es häufiger zu Frakturheilungsstörungen mit narbiger Ausheilung und Auseinanderweichen der Fragmente bei funktioneller Belastung kommen. Auch klinische Studien bestätigen die eingeschränkte Empfehlung (141,142). So kommen diese Systeme auch nach aktuellem Stand nicht flächendeckend zum Einsatz, bleiben aber Gegenstand experimenteller Bemühungen. Teilweise wird deren Applikation bei operativ versorgten Frakturen im Kindesalter beschrieben.

#### 1.7.2.3. Versorgung der Nachbarstrukturen

Neben der ossären anatomischen Wiederherstellung sind auch beteiligte Weichgewebeverletzungen zu beachten und sollten wenn möglich im gleichen Eingriff mitversorgt und nötigenfalls in ihrer Position fixiert werden. Bei Dislokation mit Abriss der Insertionspunkten des Discus articularis ist dieser idealerweise mit resorbierbaren Nähten zu adaptieren, ebenso die Capsula articularis in Protrusionsstellung der Mandibula. Gleichzeitig sollte das artifizielle Lösen von Diskus- und Kapselansätzen vermieden werden, um den Flurschaden möglichst gering zu lassen (55). Verletzte Bandstrukturen wie das Lig. temporomandibulare, Lig. discocondylare und Lig. discotemporale können intraoperativ nach exakter Adaption durch Nähte rekonstruiert werden. Wichtig ist, mögliche Adhäsionen und Interpositionen im Gelenkspalt bei Bedarf zu exstirpieren und in der chirurgischen Versorgung zu vermeiden. Einschränkungen der Beweglichkeit des Kiefergelenks sollen so minimiert werden. Auch Ursprung und Ansatz der anliegenden Muskeln sollten auf Basis der Knochenfragmente rekonstruiert werden (8).

#### 1.7.2.4. Komplikationen

Das Auftreten von Komplikation hängt wesentlich von relevanten Parametern wie Frakturtyp und -lokalisierung, zusätzlich gegebenen Begleitfrakturen des maxillomandibulären Komplexes, Fragmentdislokation oder -luxation und des gegebenen Verletzungsmusters (bi-/unilateral) ab. Auch die Expertise der behandelnden Ärzte und Ärztinnen sowie gegebene klinische Umstände und insbesondere die gewählte Operationstechnik können entscheidend sein (41). Durch die Diversität der Frakturmuster, Zugangswege und Behandlungstechniken sind die eindeutige und

objektive Benennung der möglichen Komplikationen und ein Vergleich erschwert. Komplikationen der Verletzung, insbesondere des Kiefergelenks, treten außerdem nicht zwingend unmittelbar postoperativ, sondern teilweise erst als Spät- und Langzeitfolgen auf (1).

Dennoch verbleiben beschriebene Risiken studienübergreifend in einem sich überschneidenden Rahmen. Die relevanteste Komplikation ist dabei vermutlich noch immer die Verletzung des N. facialis. In den meisten Studien, in denen der retromandibuläre transparotideale Zugangsweg gewählt wird, bleiben diese lediglich temporär, könnten jedoch auch dauerhaft auftreten (9,143,144). Eine erhöhte Rate von auftretender Schwächung des N. facialis lässt sich womöglich eher auf eine transparotideale Dissektion als auf diejenige ohne Inzision der Parotis beziehen. Ursächlich könnte die intraoperative Traktion des Nervs, etwa durch zu klein gewählte Zugangswegen, sein (1). Ein Risiko der Schädigung besteht laut Al-Moraissi (145) bei jedem operativen Zugang. Dessen Wahl korrespondiert hauptsächlich mit der Frakturlokalisation und -form und sollte den verschiedenen Kondylusfrakturen angepasst bleiben. Intraoperatives Neuromonitoring mittels nicht-invasiver Elektrostimulation zur Erkennung feiner Äste und Ausläufern des N. facialis sei insbesondere bei einem extraoralen Zugangsweg zu Gelenkfortsatzfrakturen indiziert. So kann eine perioperative Überwachung der Funktion des Fazialisnervs erfolgen (s. Abb. 14), da im Rahmen dessen mindestens bis zur Darstellung der Fraktur auf die systemische Gabe von Muskelrelaxanzien verzichtet werde (66,146).



Abbildung 14: Intraoperatives 4 Kanal-Neuromonitoring des N. facialis, der retromandibuläre, transparotideale Zugang ist angezeichnet (Aufnahme: M. Maurer, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg)

Um Fazialisschädigungen dokumentieren und medizinische Resultate, etwa nach chirurgischen Eingriffen, evaluieren zu können, bedarf es einer eindeutigen Einteilung (147). Dabei wird im klinischen Kontext vielfach der Score nach House-Brackmann (148,149) angewandt. Diese Klassifikation basiert auf einer sechszähligen Abstufung und ermöglicht eine grobe Beurteilung der motorischen Funktion der Gesichtsmuskulatur.

<i>Grad</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Gesichts- symmetrie in Ruhe</i>	<i>Stirnmuskulatur (z.B. Stirnrunzeln)</i>	<i>Lidschluss</i>	<i>Orale Mimische Muskulatur</i>
<b>I</b>	Normale Funktion	Normal	Normal	Komplett	Normal
<b>II</b>	Milde Dysfunktion; ggf. vorliegende Synkinesien	Normal	Leichte Schwäche bei genauer Betrachtung	Kompletter Lidschluss unter mini- maler An- strengung	Leichte Asymmetrie
<b>III</b>	Moderate Dys- funktion; sichtbare, nicht entstellende Seitendifferenz	Normal	Leichte bis moderate Schwäche	Kompletter Lidschluss unter An- strengung	Leichte Schwäche unter maximaler Anstrengung
<b>IV</b>	Moderat-schwere Dysfunktion; offensichtliche Gesichtsasymmetrie und/oder entstellende Sei- tendifferenz	Normal	Fehlende Mus- kelbewegungen	Inkomplet- ter Lid- schluss	Asymmetrie unter maximaler Anstrengung
<b>V</b>	Schwere Dys- funktion; kaum erkennbare Muskel- bewegungen	Asym- metrie	Fehlende Muskel- bewegungen	Inkom- pletter Lidschluss	Leichte Muskel- bewegungen verbleibend

VI	Totale Paralyse	Kompletter	Fehlende	Fehlender	Fehlende
		Tonus- verlust	Muskelbewe- gungen	Lidschluss	Muskelbe- wegungen

*Tabelle 5: Klassifikation der peripheren Fazialisparese nach House-Brackmann (148,149)*

Weitere relevante Komplikationen sind postoperativ auftretende Sialozelen und Speichelfisteln der Parotis. Sie betonen die Relevanz eines mehrschichtigen, speicheldichten Wundverschlusses durch resorbierbare Nähte (1,150). In seltenen Fällen wird weitergehend vom postoperativen Auftreten des aurikulotemporalen Syndroms berichtet, dem sogenannten Frey-Syndrom. Dabei kommt es zu einer außerordentlichen Hyperhidrose in spezifischen Hautbezirken des Gesichts- bzw. Halsbereiches, welches durch gustatorische Reize ausgelöst wird (151,152). Jede chirurgische Inzision verursacht zudem eine Narbe, zum Erhalt der fazialen Ästhetik sollte diese jedoch möglichst unauffällig sein. Durch Einlagerung in Hautfalten ist sie häufig kaum sichtbar (55). Es kann jedoch zur hypertrophen Narbenbildung kommen, die Grund für nicht zufriedenstellenden Ergebnissen sein kann. Postoperative Komplikationen sind weiterhin Wundinfektionen, die ggf. auf ungenügender perioperativer antibiotischer Abschirmung und chirurgischer Vorgehensweise beruhen (1). Postoperative Infektionen können ein erneutes chirurgisches Eingreifen erfordern und im schlimmsten Fall zu Osteomyelitis und Pseudoarthrose führen. Jedes zusätzlich durchzuführende Eingreifen, etwa bei Osteosynthesematerial-Lockerung oder notwendiger Entfernung, kann eine prolongierte Heilungszeit und Krankenhausaufenthalt der Erkrankten hervorrufen und sollte vermieden werden (153). Behandlungsmisserfolge können bei der operativen Intervention im Sinne von Materialversagen, Plattenfrakturen und unzureichender Knochenfixierung mit Fragmentverschiebung auftreten. Auch Kondylusresorptionen bei unzureichender arterieller Versorgung sind möglich, jedoch äußerst selten. Weitere seltenere Komplikationen sind neurologische Sensibilitätsstörungen, deren Auftreten kann etwa mit einer inadäquaten chirurgischen Inzision korrelieren (70).

Funktionell relevant sind ebenso postoperative Okklusionsstörungen, die ggf. bei Wahl einer konservativen Behandlung und disloziert verheilten Frakturen führen und somit einen einschränkenden Funktionsbefund darstellen können. Der M. pterygoideus lateralis kontrahiert dabei auf verkürzter Distanz, es kann konsekutiv zur mechanischen Restriktion bei Extrusionsbewegungen des Unterkiefers kommen. So können die maximale Mundöffnung sowie dynamische Unterkieferbewegungen einschließlich Latero-, Pro- und Retrusion eingeschränkt sein. Im Allgemeinen wird bei einer interinzisalen Distanz von weniger als 40

mm von einer reduzierten Mundöffnung gesprochen (80). Ursächlich kann beispielsweise ein posttherapeutisch auftretendes extensives Knochenremodelling einschließlich erforderlicher neuromuskulärer Adaption sein (2). Gleichwohl verhindert eine langzeitliche Adaptation des Kauapparates mit einhergehender veränderter Biomechanik ein vermehrtes Auftreten von Okklusionsbeschwerden. Weitere posttherapeutische Komplikation stellen die Deviation bei Mundöffnung und Gesichtsasymmetrien dar, wobei letztere möglicherweise mit Vorliegen und Ausmaß der Fragmentverschiebung im Zusammenhang steht (80). Ein frontoffener Biss kann durch bilateral verkürzte Rr. mandibulae, ein kontralateral offener Biss durch unilaterale Frakturen entstehen (55). Eine Deviation bei Mundöffnung führt neben verkürzter Ramushöhe in manchen Fällen zu Gesichtsasymmetrien. Schließlich ist die wohl schwerwiegendste funktionelle Komplikation eine Ankylose im Kiefergelenk (5). Die aufgeführten Dysfunktionen des temporomandibulären Komplexes, die insbesondere nach traumatischen Verletzungen etwa durch gelenknahe Unterkieferfrakturen auftreten, werden unter dem Terminus der kranio-mandibulären Dysfunktionen (CMD) beschrieben. Die wesentlichen Symptome dieser unter CMD zusammengefassten Gruppe klinischer Symptomatik sind akute sowie chronisch auftretende Schmerzen und/oder Dysfunktionen (154).

### **1.8. Einordnung der Frakturversorgung im klinischen Kontext**

Bei der Entscheidungsfindung der Therapie ist der klinische Kontext gleichfalls von hoher Relevanz. Zu nennen seien an dieser Stelle etwa panfaziale Frakturen, bei denen definitionsgemäß zwei Level des Gesichts betroffen sind und es zur fehlenden Ausrichtung in allen Raumvektoren kommen kann. Hier ist die Reposition und Fixierung des involvierten Kondylus zur anschließenden Gesichtswiederherstellung notwendig. Die Wiederherstellung ist unweigerlich durchzuführen, um Verfremdungen des Gesichtes zu verhindern. In anderen Fällen, insbesondere bei polytraumatischen Patienten und Patientinnen, können Gesichtsfrakturen zunächst in den Hintergrund rücken. Zu beachten ist jedoch, dass bei ausbleibender operativer Versorgung die MMF anzuwenden ist. Durch diese können jedoch obere Atemwege sowie orale Nahrungsaufnahme eingeschränkt sein. Kontraindiziert sind rigide Verschnürung ebenso etwa bei fehlender Compliance, Epilepsieerkrankungen, pulmonalen Begleiterkrankungen mit reduzierter Sauerstoffverfügbarkeit oder geistiger Retardierung des Erkrankten. Eine operative Versorgung mit stabiler Fixierung kann die MMF ersetzen. Generell gilt, dass in der abschließenden Therapieentscheidung gleichfalls der Allgemeinzustand einschließlich gegebener Co-Mobilitäten, mögliche Dauermedikation wie Antikoagulantien, das Alter und gewissermaßen

der mentale Zustand des Patienten oder Patientin einzubeziehen sind. Die Versorgung sollte interdisziplinär abgestimmt werden, das betrifft im Besonderen vulnerable Personengruppen (53,67). Die Behandlung im Kindesalter sollte, wie oben beschrieben, von der Erwachsenenbehandlung differenziert betrachtet werden.



## **2. Zielsetzung der Arbeit**

Auch nach Jahrzehntelanger wissenschaftlicher Diskussion über den Therapieentscheid bei Kondylusfrakturen, muss das sorgfältige Abwägen möglicher Vorteile der offenen Reposition und internen Fixierung mittels Osteosynthesematerial (ORIF) bei nicht abstreitbaren potenziellen Komplikationen im Rahmen des chirurgischen Eingriffes zwingend erfolgen. Ziel der vorliegenden retrospektiven Arbeit ist es, alle operativ und konservativ behandelten Fälle des Universitätsklinikum Regensburg im Zeitraum zwischen 2005 und 2019 hinsichtlich Komplikationen und funktionellem Endergebnis kritisch zu betrachten. Besonderer Schwerpunkt soll auf posttherapeutischen bzw. postoperativen Inzidenzen der Fazialisparesen und fortwährenden Beschwerden auch in der Langzeitbetrachtung liegen. Mit Erkenntnissen aus diesen Untersuchungen sollen künftige Entscheidungsfindung im klinischen Alltag erleichtert und reproduzierbare Vorhersagen möglich werden, um Behandlungssicherheit und bestenfalls das funktionelle Behandlungsergebnis verbessern zu können.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1. Einschlusskriterien und Studienkollektiv**

Alle Patienten und Patientinnen mit uni- oder bilateralen Gelenkhals- und Gelenkköpfchenfrakturen, die in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Regensburgs zwischen 2005 und 2019 operativ oder konservativ stationär versorgt wurden, wurden in unsere klinisch-retrospektive Studie eingeschlossen. Kombinationsfrakturen wurden ebenfalls einbezogen. Über die jeweiligen OPS-Codes (5-765.5\*, 5-765.6\*, 5-765.7\*) wurden die Fälle präselektioniert, die diesen Kriterien entsprechen. Das betrachtete Studienkollektiv umfasste 347 Patienten und Patientinnen mit insgesamt 377 extrakapsulären Kondylusfrakturen. In der Analyse nicht berücksichtigt wurden schließlich Fälle mit mangelhafter klinischer oder radiologischer prä- und posttherapeutischer Dokumentation.

#### **3.2. Untersuchungen**

Im Anschluss an die computergestützte Identifikation des Studienguts wurden aus diesem Kollektiv in einem ersten, aktenbasierten Teil prätherapeutisch dokumentierte Daten wie Alter, Geschlecht, Zeitpunkt der Fraktur, präoperativer Zahnstatus und Mundöffnung, Begleitfrakturen des Unterkiefers sowie des maxillofazialen Bereichs, allgemeinmedizinische Erkrankungen, Erkrankungsätiologie und Vorliegen traumabedingter Okklusionsstörungen erhoben. Die radiologische Grundlage und gleichzeitige Mindestanforderung zum Einschluss in die Studie war das Vorliegen eines präoperativen OPG und einer Clementschitschtaufnahme. Weitere verfügbare dreidimensionale Aufnahmen (CT, DVT oder MRT) wurden ebenfalls ausgewertet. Die vorliegenden Frakturen wurden anhand prätherapeutischer röntgenologischer Bildgebung entsprechend der Klassifikation nach Spiessl und Schroll (76), sowie in uni- und bilaterale Frakturen eingeteilt. Frakturen der Typen I bis V wurden schließlich in die Studie einbezogen, isoliert intrakapsulär verlaufende Frakturen des Kapitulums entsprechend Typ VI exkludiert. Bei gleichzeitigem Vorliegen einer extrakapsulären Fraktur mit kontralateraler intrakapsulärer Fraktur, wurde diese jedoch in die Studie aufgenommen und im Sinne einer bilateralen Fraktur behandelt. Weitergehend wurden auf Basis prätherapeutischer röntgenologischer Bildgebung Dislokationsgrad, ggf. vorliegende Frakturtrümmerung sowie Luxation des Kondylus aus der Gelenkpfanne beurteilt. Die Daten der chirurgischen Intervention bei offener Therapie wurden aus Operationsberichten und klinischer Dokumentation erhoben. Die Analyse bezog sich mit besonderer Würdigung auf den gewählten Zugangsweg (am Universitätsklinikum Regensburg alternativ retromandibulär transparotideal, präaurikulär,

submandibulär, intraoral oder Gelegenheitszugang), ferner auch auf die gewählte Form der Osteosynthese mit Miniplatten, Zugschrauben, oder Kombinationsformen aus Miniplatten und Zugschrauben oder resorbierbaren Miniplatten. Die Operationsdauer wurde bei Kondylusfrakturen ohne weitere Begleitfrakturen des Viszerokraniums einbezogen. Dauer und Form der intermaxillären Fixierung wurde gleichfalls für konservativ als auch operativ versorgte Frakturen betrachtet. Weitergehend wurden stationärer Aufenthalt und postoperativer Outcome für alle Versorgungsarten erfasst. Anhand posttherapeutischer radiologischer Bildgebung wurde die Fragmentpositionierung betrachtet und bestehende Okklusionsstörungen, Mundöffnungsfähigkeit, Schmerzempfinden, Wundheilungsstörungen wie Parotisfistelungen, Hämatombildung und Wundinfektion aus stationären und ambulanten Akten erfasst. Fazialispareesen wurden anhand des House Brackmann Score klassifiziert.

### **3.3. Datenerfassung und statistische Auswertungen**

In einer Excel-Datenbank (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) wurden die aus dem Studienkollektiv sowie aus den zurückgeschickten Fragebögen erhobenen Daten kodiert hinterlegt. Diese Datenbank wurde zur Berechnung statistischer Fragestellungen in SPSS 26.0 (IBM Corporation, New York, USA) überführt. Durch Migration der Rohdaten wurden diese in Relation gesetzt, in Kreuztabellen statistisch signifikante Unterschiede unter Verwendung des Pearsons Chi-Quadrat-Testes, Kruskal-Wallis-Testes und mit Hilfe von Korrelation identifiziert. Mittels T-Test wurden Werte verglichen, ein p-Wert kleiner als 0,05 wurde als statistisch signifikant festgesetzt.

### **3.4. Ethikantrag**

Nach Vorlage des Studienprotokolls zu dieser retrospektiven Studie befand die Ethikkommission der Universität Regensburg am 16.09.2020 im Votum Nr. 20-2014-104, dass weder ethische noch rechtliche Bedenken gegen das Durchführen der Studie bestehen (s. Anhang).

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Epidemiologie und Ätiologie

Im Zeitraum zwischen 1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2019 wurden 347 Patienten und Patientinnen mit insgesamt 377 uni- oder bilateralen Kiefergelenkfortsatzfrakturen an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikum Regensburg stationär behandelt. 230 der Fälle fielen auf das männliche Geschlecht, 117 auf das weibliche. Somit ergab sich für das Gesamtkollektiv ein geschlechtsspezifisches Verteilungsverhältnis von 66,3 % zu 33,7 % (1,97:1; männlich zu weiblich). Das mittlere Erkrankungsalter lag bei  $36,51 \pm 17,38$  Jahren und reichte von 13 bis 85 Jahren. Als überwiegende Ursache zeigten sich Verkehrsunfälle (33,4 %), gefolgt von Rohheitsdelikten (23,1 %) und Sturzereignissen (15,9 %). Weitere untergeordnete Ursachen waren Sportunfälle (6,6%), mit dem Arbeitsplatz assoziierte Unfälle (4,8 %), synkopisch verursachte Stürze (4,5 %) sowie sonstige Erkrankungsursachen (11,7 %). 31 Patienten und Patientinnen (9,0 %) erlitten ein Polytrauma, in 37 Fällen (10,7 %) wurde ein prätraumatisch exzessiver Alkohol- bzw. Drogenkonsum aufgezeichnet.

### 4.2. Klassifikationen

In Übereinstimmung mit der Klassifikation nach Spiessl und Schroll lag mit 189 Frakturen (50,1 %) bei der Hälfte des Fallkollektives eine Fraktur des Typ II vor.

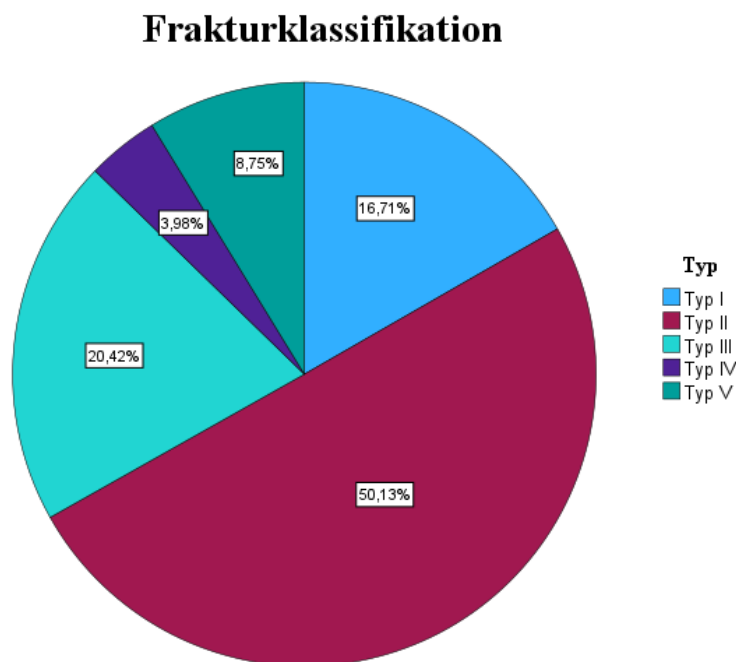


Abbildung 15: Frakturverteilung im gesamten Studienkollektiv nach Spiessl und Schroll-Klassifikation

Weiterhin entfielen 77 Frakturen auf Typ III (20,4 %), 63 Frakturen auf Typ I (16,7 %), 33 Frakturen auf Typ V (8,8 %) und zuletzt 15 Frakturen auf Typ IV (4,0 %) (Vgl. Abb. 15). Insgesamt wurden 236 unilaterale Frakturen (62,6 %) dokumentiert, davon war in 107 Fällen der linke (28,4 %) und in 129 Fällen der rechte (34,2 %) Unterkiefergelenkfortsatz betroffen. 141 Frakturen (37,4 %) traten im Rahmen bilateraler Frakturen des Kondylus auf. Von 377 behandelten Frakturen zeigten sich in 314 Fällen (83,3 %) dislozierte Frakturfragmente, eine Luxation des Kiefergelenkköpfchens lag in 48 Fällen (12,7 %) vor. 36 Kondylusfrakturen (9,5 %) wurden als Trümmerfrakturen beschrieben. 33,2 % (n=126) der Patienten und Patientinnen erlitten keine weitere Unterkieferfraktur. Bei einem Anteil von Zweidrittel des Studienkollektives (n=252) ging die Fraktur mit weiteren Frakturen des Unterkiefers einher. In der Reihenfolge der absteigenden Häufigkeit ergab sich dabei für die betroffene anatomische Lokalisation der Begleitfrakturen: paramediane Lokalisation (39,0 %) > mediane Lokalisation (9,5 %) > Lokalisation im Kieferwinkel (7,1 %) > Lokalisation im Unterkieferkorpus (5,8 %) > Lokalisation im Proc. condylaris (0,3 %). In 19 Fällen (5,0 %) lag eine begleitende Trümmerfraktur des Unterkiefers vor (Vgl. Tab. 6).

<b>Lokalisation</b>	<b>Vorkommen im Gesamtkollektiv</b>
Keine Fraktur	126 (33,2%)
Paramedian links	91 (24,1%)
Paramedian rechts	56 (14,9%)
Median	36 (9,5%)
Corpus links	12 (3,2%)
Corpus rechts	10 (2,7%)
Kieferwinkel links	18 (4,8%)
Kieferwinkel rechts	9 (2,4%)
Proc. coronoideus	1 (0,3%)
Trümmerfraktur (mehrfach)	19 (5,0%)
<b>Gesamt</b>	<b>377 (100%)</b>

*Tabelle 6: Quantitative Verteilung der mandibulären Begleitfrakturen im Gesamtkollektiv (Prozentangaben in Bezug auf alle einbezogenen Kondylusfrakturen in Klammern)*

Die am häufigsten dokumentierte mandibuläre Begleitfraktur der linksseitig lokalisierten Kondylusfrakturen stellten paramediane Frakturen der rechten Unterkieferseite dar (n=24), bei rechtsseitigen Kondylusfrakturen dagegen die paramedianen Frakturen des linksseitigen

Corpus (n=43). Die häufigsten Begleitfrakturen des Unterkiefers bei bilateralen Kondylusfrakturen stellten linksseitige paramediane Frakturen dar (n=40). Bei 28,4 % (n=67) der Frakturen präsentierte sich eine mit der unilateralen Kondylusfraktur einhergehende kontralaterale paramediane Fraktur (Vgl. Tab. 7 + Abb. 16).

<b>Lokalisation</b>	<b>Vorkommen bei unilaterial linksseitigen Frakturen</b>	<b>Vorkommen bei unilaterial rechtsseitigen Frakturen</b>	<b>Vorkommen bei bilateralen Frakturen</b>
Keine Fraktur	52 (48,6%)	50 (38,8%)	24 (17,0%)
Paramedian links	8 (7,5%)	43 (33,3%)	40 (28,4%)
Paramedian rechts	24 (22,4%)	8 (6,2%)	24 (17,0%)
Median	6 (5,6%)	7 (5,4%)	23 (16,3%)
Corpus links	1 (0,9%)	3 (2,3%)	7 (5,0%)
Corpus rechts	5 (4,7%)	0 (0%)	5 (3,5%)
Kieferwinkel links	2 (1,9%)	11 (8,5%)	4 (2,8%)
Kieferwinkel rechts	3 (2,8%)	2 (1,6%)	4 (2,8%)
Proc. coronoideus	0 (0%)	1 (3,1%)	0 (0%)
Trümmerfraktur	6 (5,6%)	4 (3,1%)	9 (6,4%)
<b>Gesamt</b>	<b>107 (100%)</b>	<b>129 (100%)</b>	<b>141 (100%)</b>

*Tabelle 7: Quantitative Verteilung der mandibulären Begleitfrakturen bezogen auf Verteilung in Kollektiven der unilaterallinksseitigen, unilaterallrechtsseitigen sowie bilateralen Kondylusfrakturen (Prozentangaben in Bezug auf die jeweilige Kohorte der dokumentierten Kondylusfraktur in Klammern)*

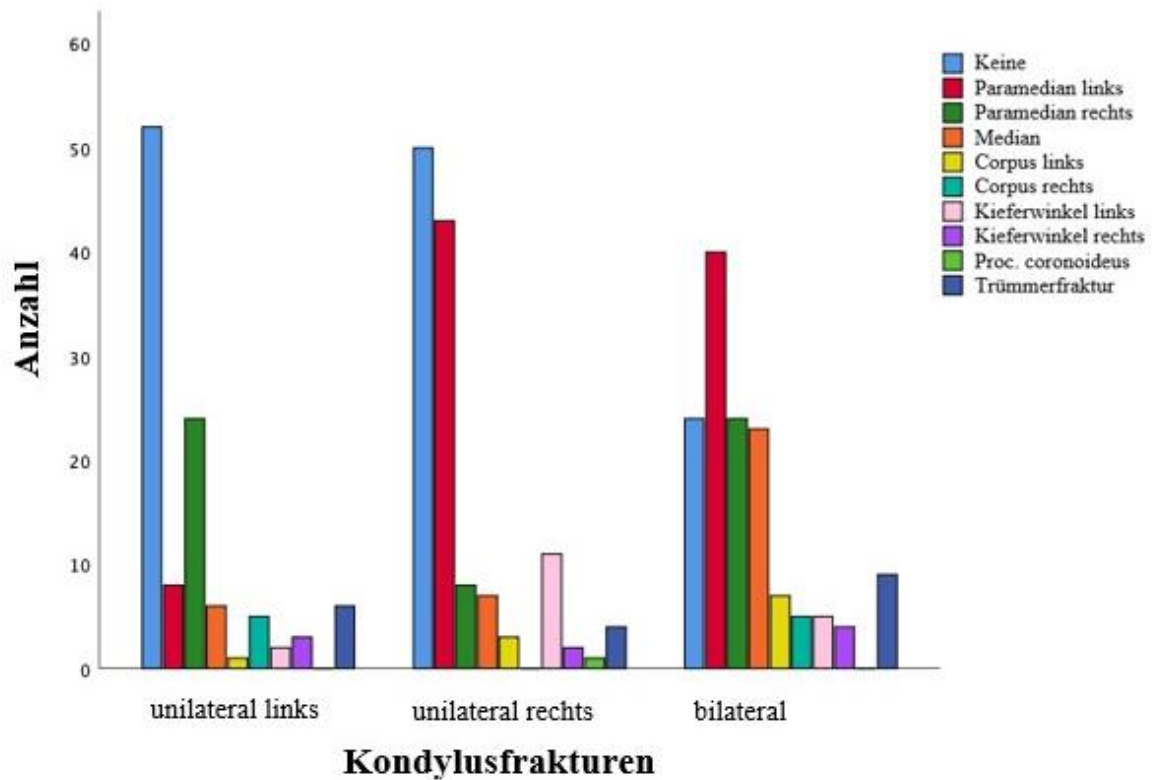


Abbildung 16: Diagramm zur Verteilung der mandibulären Begleitfrakturen im Studienkollektiv

66 Fälle (17,5 %) gingen mit weiteren Mittelgesichtsfrakturen einher. Mit 29 Frakturen (7,7 %) war das Os zygomaticus in den meisten Fällen betroffen, weiterhin lagen 19 (5,0 %) panfaziale Frakturen vor (Vgl. Abb. 17).

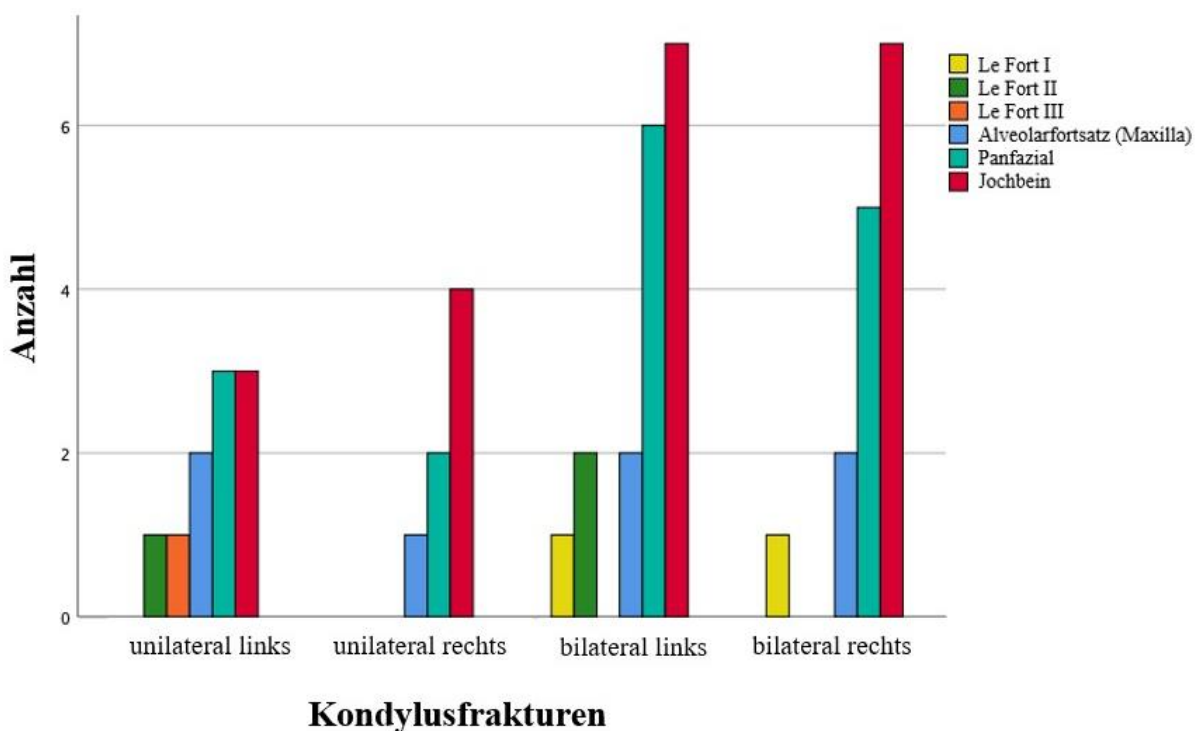


Abbildung 17: Diagramm zur Verteilung der begleitenden Mittelgesichtsfrakturen im Studienkollektiv

Hinsichtlich der prätherapeutischen Dentition zeigte sich in 316 Fällen (83,8 %) ein vollbezahntes und in 46 Fällen (12,2 %) ein teilbezahntes Gebiss, 13 Frakturen (3,8 %) lagen bei einem zahnlosen Gebiss vor. Die prätherapeutische maximale interinzisale Differenz war bei 9,3 % (n=35) auf 1,0 cm oder weniger, bei 24,9 % (n=94) auf Werte zwischen 1,0 und 2,0 cm und bei 31,8 % (n=120) auf Werte zwischen 2,0 und 3,0 cm eingeschränkt. 34 % (n=128) wiesen eine maximale Mundöffnung von 3,0 cm oder mehr auf. Ein signifikantes Verhältnis zwischen Klassifikation der Fraktur und prätherapeutischer maximaler Mundöffnung bestand nicht (P=0,79).

### 4.3. Therapeutische Versorgung

Die offene interne Fixierung erfolgte in 350 Fällen (92,8 %), wohingegen 27 Frakturen (7,2 %) durch geschlossenes Vorgehen therapiert wurden. Die Indikation zum operativen Versorgungsentscheid mit osteosynthetischem Material korrelierte hochsignifikant mit Verschiebung der Frakturfragmente ( $p < 0,001$ ) und Luxation des Kiefergelenkköpfchens aus der Gelenkgrube (P=0,035). Im Gegensatz dazu zeigten sich Trümmerung des Kondylus ebenso wie Frakturlokalisierung hinsichtlich der Indikation zur chirurgischen Intervention als nicht signifikant (P=0,495 bzw. P=0,513). Im Kollektiv der internen Fixierung wurden in absteigender Häufigkeit folgende Frakturtypen am Universitätsklinikum Regensburg versorgt: in größter Anzahl mit 52,9 % Typ II, darauffolgend mit 20,6 % Typ III, mit 13,1 % Typ I, mit 9,1 % Typ V und mit niedrigster Fallzahl mit 4,3 % Typ IV. Hingegen stellte sich im Kollektiv der erfolgten geschlossenen Therapie der Frakturtyp I als der häufigste Typus dar (63,0 %, n=17), darauffolgend Typ III (18,5 %, n=5), Typ II (14,8 %, n=4) und Typ V (3,7 %, n=1). Frakturtyp IV wurde ausschließlich durch osteosynthetische Fixierung versorgt (Vgl. Tab. 8).

		ORIF	Konservative Therapie	p-Wert
Studienkohorte		350 (92,8%)	27 (7,2%)	-
Frakturklassifikation (nach Spiessl und Schroll)				
Typ I		46 (13,1%)	17 (63,0%)	-
Typ II		185 (52,9%)	4 (14,8%)	
Typ III		72 (20,6%)	5 (18,5%)	
Typ IV		15 (4,3%)	0 (0%)	
Typ V		32 (9,1%)	1 (3,7%)	
Frakturlokalisierung	Hoch	104 (29,7%)	6 (22,2%)	0.513



	Tief	246 (70,3%)	21 (77,8%)	
Frakturdislokation	Ja	304 (86,9%)	10 (37,0%)	<b>&lt;0.001</b>
	Nein	46 (13,1%)	17 (63,0%)	
Trümmerfraktur	Ja	35 (10%)	1 (3,7%)	0.495
	Nein	315 (86,6%)	26 (96,3%)	
Kondyluskopfluxation	Ja	47 (13,4%)	0 (0%)	<b>0.035</b>
	Nein	303 (86,6%)	27 (100%)	

*Tabelle 8: Quantitative Verteilung der Kohorten interne Osteosynthese und konservative Behandlung. Dargestellt ist die Gegenüberstellung beider Studienkollektive bzgl. Frakturlokalisierung, Fragmentdislokation, Trümmerfraktur sowie Luxation des Kondyluskopfes (Prozentangaben bezogen auf die jeweilige Kohorte in Klammern). Statistische Signifikanz bestand hinsichtlich Frakturverschiebung und Kondyluskopfluxation (fett markiert).*

Eine Revision der internen Fixierung musste in 12 Fällen (3,4 %) durchgeführt werden. Bezüglich des operativen Zugangsweges war der in 321 Fällen (91,7 %) durchgeführte retromandibulär transparotideale Zugang, der überwiegend praktizierte. Mit weitaus geringerem Anteil wurde der intraorale (6,6 %, n=23), der präaurikuläre (0,9 %, n=3), der submandibuläre (0,6 %, n=2) sowie einmalig der Gelegenheitszugang (0,3 %, n=1) gewählt. Bevorzugte interne Fixierung stellten Miniplatten mit 96,6 % (n=338) dar. Ferner wurden in 1,7 % (n=6) Zugschrauben, in 1,1 % (n=4) eine Kombination aus Miniplatten und Zugschrauben und in 0,6 % (n=2) resorbierbares Osteosynthesematerial verwendet. Die Operationszeit lag in 12 Fällen unter 60 Minuten, in 37 Fällen zwischen 60 und 90 Minuten, in 69 Fällen zwischen 90 und 120 Minuten und in 27 Fällen bei über 120 Minuten. Stimulierende Elektroden im Sinne eines Neuromonitoring wurden im Hauptanteil des Studienkollektives der internen Fixierung (95,1 %) intraoperativ eingesetzt, um eine Schädigung des N. facialis zu vermeiden.

#### **4.4. Posttherapeutische funktionelle Parameter**

Bezüglich des gesamten Fallkollektives stellten sich als posttherapeutische Komplikationen insbesondere posttherapeutische Okklusionsstörungen (18,0 %, n=68), Einschränkungen der maximalen Mundöffnung (13,5 %, n=51) sowie Auftreten einer Pseudoarthrose (0,9 %, n=3) dar. Im Vergleich zwischen offener und geschlossener Behandlung wiesen weder Auftreten einer Okklusionsstörung (P=1.000) noch Limitation der maximalen Mundöffnungsfähigkeit auf 2,5 cm oder weniger nach 6 bzw. 12 Monaten (P=0,389 bzw. P=0,490) eine statistische Signifikanz auf. In Bezug auf die Studiengruppe der chirurgischen Intervention wurden weiterhin als postoperative Komplikationen eine operationsbedingte Fazialisnervläsion in 8,9 % (n=31), ein ausgeprägtes Hämatom in 6,0 % (n=21), eine Parotis assoziierte Problematik wie

Speichelfistel und Sialozele in 3,7 % (n=13) und eine Wundinfektion des Operationsgebietes in 2,0 % (n=7) der Fälle verzeichnet.

#### 4.4.1. Okklusionsstörungen

Eine posttherapeutische Okklusionsstörung präsentierte sich bei 18,0 % der Fälle nach offener Therapie im Vergleich zu 18,5 % nach geschlossenem Vorgehen (P=1,000). Sie zeigte sich sowohl hinsichtlich Fragmentdislokation (P=0,721), Vorhandensein einer Trümmerfraktur (P=0,496), Seitenlokalisation (P=0,432) als auch Vorkommen begleitender Unterkieferfraktur (P=0,570) oder Mittelgesichtsfraktur (P=1,000) als nicht statistisch signifikant. Posttherapeutische Okklusionsstörung zeigte sich primär im Hinblick auf die generelle Klassifikation nach Spiessl und Schroll als statistisch nicht relevant (P=0,078), im Spezifischen korrelierte diese jedoch statistisch signifikant mit der Luxation des Kondyluskopfes, die bei Typ IV und V beschrieben wird (P=0,016). 36,4 % (n=12) der Typ V Frakturen waren mit postoperativer Okklusionsstörung assoziiert. Bei vollbezahnten Patienten und Patientinnen wurden vermehrt, quantitativ in 20,8 % der Fälle (n=66), bei teilbezahnten dagegen nur in 4,3 % der Fälle (n=2) und bei zahnlosen in keinem Fall posttherapeutische Okklusionsstörungen aufgezeichnet (P=0,004). Lediglich 14,8 % (n=35) aller unilateralen Frakturen gingen mit posttherapeutischer Okklusionsstörung einher, wohingegen es 23,4 % (n=33) aller bilateralen Frakturen waren (P=0,039) (Vgl. Tab. 9).

Studienvariablen		Verhältnis Okklusionsstörungen/ Gesamtstudienkollektiv	p-Wert
Postoperative Okklusionsstörungen (total)		68/377 (18,0%)	-
Geschlecht	Weiblich	22/129 (17,1%)	0.779
	Männlich	46/248 (18,5%)	
Therapie	ORIF	63/350 (18,0%)	1.000
	Konservativ	5/27 (18,5%)	
Frakturklassifikation	Typ I	10/63 (15,9%)	0.078
	Typ II	30/189 (15,9%)	
	Typ III	13/77 (16,9%)	
	Typ IV	3/15 (20,0%)	
	Typ V	12/33 (36,4%)	
Frakturlokalisation (Seite)	Links	36/182 (19,7%)	0.423
	Rechts	32/195 (16,4%)	
Frakturlokalisation (Höhe)	Hoch	25/110 (22,7%)	0.142

	Tief	43/267 (16,1%)	
Unilaterale Fraktur		35/236 (14,8%)	<b>0.039</b>
Bilaterale Fraktur		33/141 (23,4%)	
Fragmentdislokation	Ja	58/314 (18,5%)	0.721
	Nein	10/63 (15,9%)	
Trümmerfraktur	Ja	8/36 (22,2%)	0.496
	Nein	60/341 (17,6%)	
Kondyluskopfluxation	Ja	15/48 (31,3%)	<b>0.016</b>
	Nein	53/329 (16,1%)	
Zahnstatus	Vollbezahnt	66/316 (20,8%)	<b>0.004</b>
	Teilbezahnt	2/46 (4,3%)	
	Zahnlos	0/15 (0%)	
Unterkieferbegleitfrakturen	Ja	43/251 (17,1%)	0.570
	Nein	25/126 (19,8%)	
Mittelgesichtsfrakturen	Ja	12/66 (18,2%)	1.000
	Nein	56/311 (18,0%)	

Tabelle 9: Quantitative Verteilung der postoperativen Okklusionsstörungen (Prozentuale Angaben im Verhältnis zum Gesamtkollektiv in Klammern angegeben). Statistische Signifikanz bestand hinsichtlich uni-/bilateralen Frakturen, Luxation des Kondyluskopfes sowie Zahnstatus (fett markiert).

Bei vorliegenden Okklusionsstörungen nach offener Reposition und interner Fixierung (n=63) wurde eine weiterführende Behandlung mit postoperativ applizierter MMF mittels Gummizügen angeboten. In 20 Fällen (31,7 %) wurde dies von den Betroffenen entweder abgelehnt oder auf Grund fehlender Compliance nicht angewendet, 31 Frakturen (49,2 %) wurden mit Gummis therapiert, in 17 Fällen (27,0 %) war diese Form der MMF die einzige postoperative Maßnahme zur Okklusionsstabilisierung. Eine kieferorthopädische Weiterbehandlung fand in 11 Fällen (17,5 %) statt, eine prothetische Anpassung in 3 Fällen (4,8 %). Im Gesamtstudienkollektiv aller osteosynthetisch versorgten Kondylusfrakturen (n=350) wurden 12 Frakturen (3,4 %) operativ revidiert.

#### 4.4.2. Periphere Schädigung N. facialis

Es lagen insgesamt 31 (8,9 %) dokumentierte Fälle einer Schädigung des motorischen Gesichtsnervs im Kollektiv der operativ versorgten Patienten und Patientinnen vor. Dabei entfielen, entsprechend dem House-Brackmann-Score definiert und aufgeschlüsselt, ein Fall (3,2 %) auf Typ I, 14 Fälle (45,2 %) auf Typ II, 7 Fälle (22,6 %) jeweils auf Typ III und IV sowie 2 Fälle (6,5 %) auf Typ V. In 25 Fällen (7,1 %) blieb die aufgetretene Läsion temporär, 6 Betroffene (1,7 %) klagten über eine permanente Schädigung des N. facialis. Die mittlere Zeitdauer der

temporären Fazialisparese lag bei  $8,90 \pm 7,63$  Wochen. Der in 16 Fällen (51,6 %) am häufigsten betroffene Ast war der R. zygomaticus, gefolgt von 9 Fällen (29,0 %) einer Schädigung des R. temporalis und 4 Fällen (12,9 %) des R. buccalis. Beeinträchtigung von mehr als einem Ast wurde zweimal (6,5 %) beschrieben. Eine Schädigung des motorischen Anteils des siebten Hirnnervs korrelierte nicht statistisch signifikant mit dem Geschlecht ( $P=0,165$ ), dem ein- oder beidseitigen Frakturaufreten ( $P=0,845$ ), einer hervorgerufenen Frakturdislokation ( $P=0,783$ ) oder Luxation des Kondylus ( $P=0,053$ ). Bei 15,4 % ( $n=2$ ) der durchgeführten Revisionen resultierte eine Beschränkung des Nervs ( $P=0,323$ ).

Bezüglich des Auftretens einer Schwäche des N. facialis in Beziehung zur Operationsdauer wurde in keinem Fall bei Eingriffen unter 60 Minuten bzw. zwischen 60 und 90 Minuten (jeweils 0%) eine postoperative Beeinträchtigung dokumentiert. 4 Fälle (5,8%) wurden bei Operationszeiten von 90 bis 120 Minuten und 27 Fälle (13,4%) bei Operationen, die länger als 120 Minuten andauerten, verzeichnet. Damit korreliert eine Fazialisschwäche statistisch signifikant mit verlängerter Operationszeit ( $P=0,040$ ). Auch vorliegende Begleitfrakturen zeigten eine signifikante Korrelation zur Schädigung ( $P=0,028$ ). Bei hohen Kondylusfrakturen kam es im Vergleich zu tiefen Kondylusfrakturen in gesamtlicher Betrachtung vermehrt zur Schädigung des N. facialis ( $P=0,001$ ). Folgende Auflistung unter Berücksichtigung der Häufigkeitsabnahme beschriebener Nervenäste spiegelt die Verteilung zwischen hohen und tiefen Frakturen wider: R. zygomaticus (6,8 % bzw. 3,6 %) > R. temporalis (5,8 % bzw. 1,2 %) > R. buccalis (2,9 % bzw. 0,4 %). Während bei tiefen Frakturen in keinem Fall mindestens zwei Äste geschädigt wurden, kam es bei hohen Frakturen in 2 Fällen (1,9 %) dazu. Ergänzend spielte der Frakturtyp gemäß Klassifikation eine signifikante Rolle: 24,2 % des Typ V, 14,3 % des Typ III, 6,4 % des Typ I, 5,4 % des Typ II und kein Fall des Typ IV erlitten eine Schädigung des N. facialis ( $P=0,002$ ). Zusätzlich korrelierte eine Schwächung mit postoperativer Okklusionsstörung in 13 Fällen (20,6 %), wohingegen 18 Fälle (6,3 %) unabhängig davon waren ( $P=0,001$ ). Hingegen äußerte sich der Einsatz eines elektrisch stimulierten intraoperativen Neuromonitorings ( $P=1,000$ ) ebenso wie der gewählte Zugangsweg ( $P=1,000$ ) als nicht statistisch signifikant (Vgl. Tab. 10).

<b>Studienvariablen</b>	<b>Verhältnis Fazialisparese/Studienkollektiv</b>	<b>p-Wert</b>
Fazialisparese (total)	31/350 (8,9%)	-
Temporäre Fazialisparese	25/350 (7,1%)	-
Permanente Fazialisparese	6/350 (1,7%)	-

Geschlecht	Weiblich	14/117 (12,0%)		0.165
	Männlich	17/233 (7,3%)		
Unilaterale Fraktur		21/228 (9,2%)		0.845
Bilaterale Fraktur		10/122 (8,2%)		
Frakturklassifikation	Typ I	3/47 (6,4%)		<b>0.002</b>
	Typ II	10/185 (5,4%)		
	Typ III	10/70 (14,3%)		
	Typ IV	0/15 (0%)		
	Typ V	8/33 (24,2%)		
Frakturlokalisierung (Seite)	Links	16/181 (8,8%)		1.000
	Rechts	15/169 (8,9%)		
Frakturlokalisierung (Höhe)	Hoch	18/103 (17,4%)		<b>0.001</b>
	Tief	13/247 (5,2%)		
House-Brackmann-Skala	Grad I	1/31 (3,2%)		-
	Grad II	14/31 (45,2%)		
	Grad III	7/31 (22,6%)		
	Grad IV	7/31 (22,6%)		
	Grad V	2/31 (6,5%)		
Fragmentdislokation	Ja	28/302 (9,3%)		0.783
	Nein	3/48 (6,3%)		
Trümmerfraktur	Ja	7/36 (19,4 %)		<b>0.028</b>
	Nein	24/314 (7,6%)		
Kondyluskopfluxation	Ja	8/48 (16,7%)		0.053
	Nein	23/302 (7,6%)		
Neuromonitoring	Ja	30/333 (9,0%)		1.000
	Nein	1/17 (5,9%)		
Revisionsoperation	Ja	2/13 (15,4%)		0.323
	Nein	29/337 (8,6%)		
Zugang	Retromandibulär	29/320 (9,1%)		1.000
	Sonstiger	2/30 (6,7%)		
Lokalisation Fazialisparese	R.temporalis	9/31 (29,0%)		-
	R. zygomaticus	16/31 (51,6%)		
	R. buccalis	4/31 (12,9%)		
	> 1 Nervast	2/31 (6,5%)		
	Hohe Fraktur	R.temporalis	6/103 (5,8%)	<b>0.001</b>
		R. zygomaticus	7/103 (6,8%)	

Verhältnis Fazialisparese/ Lokalisation	Lokalisation Fraktur-		R. buccalis	3/103 (2,9%)	
			> 1 Nervast	2/103 (1,9%)	
	Tiefe Fraktur		R. temporalis	3/247 (1,2%)	
			R. zygomaticus	9/247 (3,6%)	
			R. buccalis	1/247 (0,4%)	
			> 1 Nervast	0/247 (0%)	
Operationszeit	<60 min			0/12 (0%)	<b>0.040</b>
	60-90 min			0/37 (0%)	
	90-120 min			4/69 (5,8%)	
	>120 min			27/201 (13,4%)	
Postoperative Okklusions- störung	Okklusions- störung	Ja		13/63 (20,6%)	<b>0.001</b>
		Nein		18/287 (6,3%)	

Tabelle 10: Quantitative Verteilung Fazialispareesen (Prozentuale Angaben im Verhältnis zum Gesamtkollektiv in Klammern angegeben). Statistische Signifikanz bestand hinsichtlich Frakturlokalisierung (Höhe), Vorliegen einer Trümmerfraktur, Operationsdauer sowie Vorliegen postoperativer Okklusionsstörungen und im Verhältnis von Lokalisation der Fazialisläsion zu Frakturlokalisierung (fett markiert).

#### 4.4.3. Parotisspezifische Komplikationen

3,7 % (n=13) aller operativ versorgten Patienten und Patientinnen klagten über postoperative Komplikationen, die die Parotis betreffen, 3 Fälle einer Sialozele und 10 Fälle einer Speichelfistel wurden beschrieben. In allen Fällen wurde der retromandibulär transparotideale Zugang gewählt (P=0,613). Eine signifikante Korrelation zwischen Auftreten der beschriebenen Komplikationen bestand weder im Vergleich von uni- und bilateralen Frakturen (P=0,555), bei Vorliegen von Dislokation (P=0,695), bei Trümmerfrakturen (P=0,377) noch bei Kondylusluxation (P=0,087). Bezogen auf die Gruppe der parotisspezifischen Komplikationen war eine weibliche Patientin (7,69 %) und 12 männliche Patienten (92,31 %) betroffen. Im Zusammenhang des Gesamtstudienkollektivs zeigte sich keine geschlechtsspezifische signifikante Verteilung (P=0,068). In folgender absteigender relativer Häufigkeit wurden bei den verschiedenen Frakturtypen parotisspezifische Komplikationen beschrieben: 9,4 % (n=3) bei Typ V > 6,7 % (n=1) bei Typ IV > 3,8 % (n=7) bei Typ II > 2,2 % (n=1) bei Typ I > 1,4 % (n=1) bei Typ III. Damit zeigte sich die Einteilung der Frakturtypen (P=0,356) ebenso wenig wie die Einteilung in hohe oder tiefe Frakturlokalisierung (P=1,000) signifikant korreliert mit Beschwerden, die mit der Parotis assoziiert waren. Es zeigte sich jedoch bei 23,1 % (n=3) der durchgeführten operativen Revisionen eine Signifikanz bezüglich des Auftretens der charakterisierten Komplikationen (P=0,009) (Vgl. Tab.11).

Studienvariablen		Verhältnis Parotisspezifische Komplikationen/Studienkollektiv	p-Wert
Parotisspezifische Komplikationen (total)		13/350 (3,7%)	-
Geschlecht	Weiblich	1/13 (7,69 %)	-
	Männlich	12/13 (92,31 %)	
Frakturklassifikation	Typ I	1/46 (2,2%)	0.356
	Typ II	7/185 (3,8%)	
	Typ III	1/72 (1,4%)	
	Typ IV	1/15 (6,7%)	
	Typ V	3/32 (9,4%)	
Frakturlokalisierung (Seite)	Links	4/181 (2,2%)	0.160
	Rechts	9/169 (5,3%)	
Frakturlokalisierung (Höhe)	Hoch	4/103 (3,9%)	1.000
	Tief	9/247 (3,6%)	
Unilaterale Fraktur		10/228 (4,4%)	0.555
Bilaterale Fraktur		3/122 (2,5%)	
Fragmentdislokation	Ja	11/302 (3,6%)	0.695
	Nein	2/48 (4,2%)	
Trümmerfraktur	Ja	0/36 (0%)	0.377
	Nein	13/314 (4,1%)	
Kondyluskopfluxation	Ja	4/48 (8,3%)	0.087
	Nein	9/302 (2,9%)	
Revision	Ja	3/13 (23,1%)	<b>0.009</b>
	Nein	10/337 (3,0%)	
Zugang	Retromandibulär	13/320 (4,0%)	0.613
	Sonstiger	0/30 (0%)	

Tabelle 11: Quantitative Verteilung Gl. parotis assoziierter Komplikationen (Prozentuale Angaben im Verhältnis zum Gesamtkollektiv in Klammern angegeben). Statistische Signifikanz bestand bezüglich Revisionsoperationen (fett markiert).

Postoperative Wundheilungsstörungen im Sinne von Wundinfektionen nach chirurgischer Versorgung im Sinne einer inneren Fixierung durch Osteosynthese wurden in 7 Fällen (2,0 %), ein Hämatom in 21 Fällen (6,0 %) dokumentiert. Es bestand keine signifikante Beziehung des Auftretens von Fazialisläsionen und Wundheilungsstörungen ( $P=0,560$ ).

#### 4.4.4. Mundöffnungseinschränkungen

13,5 % (n=51) des Gesamtkollektives klagten 6 Monate posttherapeutisch über eine Beeinträchtigung der maximalen Mundöffnung auf 2,5 cm oder weniger. Dabei waren 18,5 % (n=5) der konservativen und 13,1 % (n=46) der chirurgischen Gruppe zuzuordnen. Dementsprechend lag bezüglich der gewählten Frakturversorgung keine statistische Signifikanz vor (P=0,389). Es zeigte sich ebenso keine signifikante Korrelation einer eingeschränkten Mundöffnung zum Vorliegen einer Kondylusluxation (P=0,261), Fragmentdislokation (P=0,224) und Trümmerfraktur (P=0,303). Es zeigten 13,4 % (n= 43) der operativ versorgten Patienten und Patientinnen nach Wahl des retromandibulären und 6,7 % (n=2) nach Wahl eines anderen Zugangsweges eine Reduktion der maximalen Mundöffnung (P=0,583). Während 20,0 % (n=22) aller hohen Kondylusfrakturen mit verminderter interinzisaler Distanz einhergingen, waren es lediglich 10,9 % (n=29) aller tiefen Frakturen. Damit äußerte sich eine signifikante Relation zur anatomischen Frakturlokalisierung (P=0,030). Weitergehend zeigten 17,5 % (n=44) aller versorgten Frakturen, die mit begleitender Unterkieferfraktur vergesellschaftet waren, eine Herabsetzung der maximalen Mundöffnung, wobei es bei denjenigen ohne weitere Fraktur der Mandibula 5,6 % (n=7) waren. Damit ergab sich ein hoch signifikant erhöhtes Auftreten bei begleitenden Unterkieferfrakturen (P=0,001). Auch gleichzeitig vorliegende Frakturen des Mittelgesichtes zeigten eine signifikante Korrelation zu Mundöffnungseinschränkungen (P=0,009). Zusätzlich wurde bei 8,4 % (n=20) aller unilateralen Frakturen und bei 22,0 % (n=31) aller bilateralen Frakturen eine Einschränkung der Schneidekantendistanz dokumentiert (P<0,001). Weiterhin zeigte sich der Zusammenhang des Geschlechts als hochrelevant zum posttherapeutischen Mundöffnungsfähigkeit: weibliche Erkrankte waren in 27,1 % (n=129), männlichen Erkrankte in 6,5 % (n=16) der Fälle von einer Limitation betroffen (P<0,001) (Vgl. Tab. 12).

Studienvariablen		Verhältnis MMO-Reduktion/Studienkollektiv	p-Wert
Reduktion der MMO (total)		51/377 (13,5%)	-
Geschlecht	Weiblich	35/129 (27,1%)	<b>&lt;0.001</b>
	Männlich	16/248 (6,5%)	
Therapie	ORIF	46/350 (13,1%)	0.389
	Konservativ	5/27 (18,5%)	
Frakturklassifikation	Typ I	5/63 (7,9%)	<b>0.030</b>
	Typ II	22/189 (11,6%)	



	Typ III	15/77 (19,4%)	
	Typ IV	2/15 (13,3%)	
	Typ V	7/33 (21,2%)	
Frakturlokalisierung (Seite)	Links	27/182 (14,8%)	0.547
	Rechts	24/195 (12,3%)	
Frakturlokalisierung (Höhe)	Hoch	22/110 (20,0%)	<b>0.030</b>
	Tief	29/267 (10,9%)	
Unilaterale Fraktur		20/236 (8,4%)	<b>&lt;0.001</b>
Bilaterale Fraktur		31/141 (22,0%)	
Fragmentverschiebung	Ja	46/314 (14,6%)	0.224
	Nein	5/63 (7,9%)	
Trümmerfraktur	Ja	7/36 (19,4%)	0.485
	Nein	44/341 (12,9%)	
Kondyluskopfluxation	Ja	9/48 (18,8%)	0.261
	Nein	42/329 (12,8%)	
Revision	Ja	3/13 (23,1%)	<b>0.009</b>
	Nein	10/337 (3,0%)	
Zugang	Retromandibulär	13/320 (4,0%)	0.613
	Sonstiger	0/30 (0%)	
Unterkieferbegleitfrakturen	Ja	44/251 (17,5%)	<b>0.001</b>
	Nein	7/126 (5,6%)	
Mittelgesichtsfrakturen	Ja	16/66 (24,2%)	<b>0.009</b>
	Nein	35/311 (11,3%)	

Tabelle 12: Quantitative Verteilung der maximalen Mundöffnungsreduktion (Prozentuale Angaben im Verhältnis zum Gesamtkollektiv in Klammern angegeben). Statistische Signifikanz bestand bezüglich Geschlechtes (hochsignifikant), Frakturhöhe, uni-/bilateralen Frakturmustern (hochsignifikant), Revisionsoperationen, begleitenden Unterkiefer- und Mittelgesichtsfrakturen (fett markiert).

## 5. Diskussion

Nach intensivem wissenschaftlichem Diskurs herrscht relative Einigkeit darüber, dass der Entscheid zur therapeutischen Versorgung von Kiefergelenkfrakturen bei erwachsenen Patienten und Patientinnen abhängig von spezifischer Frakturlokalisation sowie Ausmaß der Dislokation der Frakturfragmente ist (5,92). Außerdem besteht zumeist Konsens darüber, dass die osteosynthetische Versorgung bei dislozierten Frakturen die Versorgung der Wahl darstellt (3,102). Insbesondere bei geringgradigen Dislokationen verbleibt die chirurgische Eröffnung des Fraktursitus in kontroverser Diskussion, weiterhin werden spezifischen Operationsmethoden wissenschaftlich diskutiert (1,155). Es besteht kein generell gültiger und offiziell festgeschriebener Konsens darüber, in welchen Fällen Kondylusfrakturen offen oder geschlossen versorgt werden (156,157).

In der vorliegenden Studie wurden 377 extrakapsuläre Frakturen des Unterkiefergelenkfortsatzes retrospektiv evaluiert, die im Zeitraum von 2005 bis 2019 am Universitätsklinikum Regensburg behandelt wurden.

Frakturen des Kiefergelenkfortsatzes machen etwa ein Drittel aller Mandibulafrakturen aus (41). Die Geschlechterverteilung zeigt sich im Verlauf über die letzten Jahrzehnte studienübergreifend überwiegend konstant. So dokumentierten Silvennoinen et al (16) ein Geschlechterverhältnis männlich zu weiblich von 3,3:1. Eine weitere retrospektive Studie (41) beschrieb ein Verteilungsmuster von männlich zu weiblich von 3,5:1. Sowohl Chrcanovic (12) in seiner Studie in Brasilien, mit einem geschlechterspezifischen Verhältnis von 84,56 % Patienten und 15,44 % Patientinnen, als auch Singleton (42), mit einer Kohorte von 86 % Patienten und 14 % Patientinnen in Australien, fanden in ihren retrospektiven Studien eine Gewichtung zugunsten männlicher Behandelter. Diese Tendenz der geschlechterassoziierten Wertigkeit deckt sich weitestgehend mit den von uns erhobenen Daten von 66,3 % männlich zu 33,7 % weiblich Erkrankten (1,97:1) und einer Vielzahl weiterer internationaler Studien. Wenngleich unsere Kohorte durch eine geringfügigere Ausprägung der asymmetrischen Geschlechtsverteilung charakterisiert ist, wie sie auch in der österreichischen Studie von Torre et al. (146) mit 63,7 % Patienten und 36,3 % Patientinnen beschrieben wurde. Die 102 inkludierten Erkrankten dieser Datenbank wiesen ein mittleres Lebensalter von 33,6 Jahren in der Spannweite von 18 bis 81 Jahren auf. Eine Studie von Afrooz et al. mit 13.142 eingeschlossenen Fällen der US-amerikanischen National Trauma Datenbank (48) weist auf ein typisches Erkrankungsalter der Unterkieferfrakturen im frühen bis mittlere Erwachsenenalter mit 18 bis 54 Jahren hin. Das mittlere Alter betrug in der von uns betrachteten Kohorte betrug  $36,51 \pm 17,38$  Jahre.

Die über zehn Jahre hinweg geführte wissenschaftliche Arbeit von Depprich et al. (36) führte bezüglich der Frakturätiologie hauptsächlich Rohheitsdelikte (38,6 %), Stürze (27,3 %), Verkehrsunfälle (10,2 %), Fahrradunfälle (9,5 %) und weitere Sportverletzungen (5,6 %) auf. Die Studie von Chrcanovic (12) erfasste 1.454 Unterkieferfrakturen in einem dreijährigen Zeitraum und führt als Erkrankungsursache in absteigender Häufigkeit Verkehrsunfälle (43,90 %), Rohheitsdelikte (19,94 %), Sturzereignisse (18,96 %), Schusswaffen assoziierte Traumata (10,26 %), Sportunfälle (2,44 %) und Sonstiges (4,50 %) auf. Die von uns vorgestellten wissenschaftlichen Daten beschreiben eine weitestgehende Deckung zu diesen Ausführungen. Es zeigte sich, dass Verkehrsunfälle (33,4 %) den größten Ursachenanteil der von uns erfassten Kondylusfrakturen einnahmen. Daneben waren insbesondere Rohheitsdelikte (23,1 %) und Sturzereignisse (15,9 %) für eine Traumatisierung verantwortlich. Weiterhin entfiel ein Teil auf Sportverletzungen (6,6 %), Arbeitsfeld assoziierte Unfälle (4,8 %) sowie Synkopen (4,5 %). Die studienübergreifend teils differierenden Angaben zur Häufigkeit von Kondylusfrakturen, zur Geschlechterverteilung und Frakturätiologie sind u. a. auf heterogene geographische, kulturelle und sozioökonomische Hintergründe zurückzuführen. Diese regional- und sozial-spezifische sowie historische Variabilität beeinflusst individuelle Faktoren wie Umwelt, Lebensstil, Bildungsstand, Ressourcenverfügbarkeit, Mobilität und Freizeitgestaltung der Menschen (36,42). Folglich ist in europäischen Städten und in Regionen mit hoher sportlicher Aktivität etwa im Vergleich zu Kriegsregionen eine andersartig gewichtete Verteilung der Frakturursachen sowie ein differierendes Geschlechterverhältnis erwartbar. Die epidemiologischen Ergebnisse unserer Studie bilden konkludierend die Studiendaten in anderen europäischen Großstädten ab.

Über Jahrzehnte hinweg wurde die konservative Behandlung der Kiefergelenksfrakturen im wissenschaftlichen Diskurs einem operativen Eingreifen vorgezogen (101). Einige Autoren und Autorinnen sprachen sich zunächst weiterhin für eine konservative Herangehensweise aus. Nach geschlossener Therapie wurden jedoch vermehrt Langzeitkomplikationen wie Schmerzzustände, offener Biss, sowie unzureichende Restauration der vertikalen Kieferasthöhe mit einhergehenden Okklusionsstörungen und Deviationen bei Mundöffnung aufgelistet (2). Insbesondere nach Einführung moderner Osteosynthesetechniken, etwa nach Michelet (126) und Champy (127) konnte eine Zunahme operativer Intervention bei Kiefergelenkfortsatzfrakturen beobachtet werden. Brandt und Haug (101) widerlegten in einem literaturbasierten Review zusätzlich, dass ein chirurgisches Verfahren zu einem schlechteren Outcome führt. Ellis et al. (79) deklarierten eine erhöhte Adaptionsnotwendigkeit des

Kauapparats einschließlich Muskel-, Knochengewebe und dentaler Abstützung nach konservativer Versorgung von Kondylusfrakturen im Gegensatz zu deren offenen Reposition. In ihrer Metastudie schrieben Al-Moraissi et al. (3) der operativen osteosynthetischen Versorgung eine Überlegenheit besonders in der Langzeitbetrachtung objektiv dokumentierbarer Parameter zu.

Außerdem wurde durch die Weiterentwicklung moderner Osteosyntheseverfahren die Indikationsstellung zur offenen Reposition und rigiden Osteosynthese bei Kiefergelenkfrakturen erweitert. Dabei bleibt die Indikation dazu, einschließlich Operationstechnik, ein vielfach wissenschaftlich diskutierter Aspekt der Versorgung. In jedem Fall müssen auch weiterhin mögliche Vorteile einer offenen Therapie gegenüber dem erhöhtem Aufwand bezüglich Operationsdauer, Anästhesiezeit, chirurgischen und postchirurgischen potenziellen Komplikationen kritisch abgewogen werden (3). Im internationalen Vergleich der wissenschaftlichen Darstellungen sind variable Meinungen und behandlungsspezifische Unterschiede erkennbar, hier spielt insbesondere der jeweilige Kontinent eine relevante Rolle. Dabei wird beispielsweise die innere Osteosynthese nach Reposition im europäischen Raum in der Tendenz bevorzugt (157).

Als klinisch äußerst relevante Komplikationen nach chirurgischer Therapie werden iatrogene Schädigungen des N. facialis, Speichelfisteln der Parotis, Wundheilungsstörungen, Okklusionsstörungen, anhaltende Schmerzzustände sowie weitere nicht vorhersagbare Komplikationen beschrieben (5,151). Ebenso seien biologische Risiken wie ein Komprimierung der Blutzufuhr mit konsekutiv möglicher Kondylusresorption zu beachten, da Frakturen im subkondylären Bereich neben Gelenkhalsfrakturen zur Unterbindung der ausreichenden vaskulären Versorgung des Kondylus führen können (79). In einigen Studien wird die chirurgische Intervention hinsichtlich des klinischen Outcomes wie etwa Unterkieferbeweglichkeit im Sinne von Mundöffnung, Latero- und Protrusion sowie Ausbleiben einer Deviation bei Mundöffnung als favorabel beschrieben (158). Auch wenn sich demnach das operative Outcome in manchen Studien dem konservativen Vorgehen hinsichtlich postoperativen Schmerzen und Okklusionsstörungen überlegen zeigt, dürfen die Ergebnisse nur unter Berücksichtigung der Heterogenität bezüglich Studienkollektiv, Frakturtyp und chirurgischer Operationstechnik interpretiert werden (3,5,158)). Neff et al. (159) beschrieben die interne Osteosynthese nach Reposition als Goldstandard in der Versorgung von Kondylushals- und Kondylusbasisfrakturen. Insbesondere stellten sie die Empfehlung zur chirurgischen Intervention mit rigider Osteosynthese bei stark ausgeprägter Dislokation und Luxation ab dem Jugendalter (> 12.-13. Lebensjahr) heraus. Schneider et al. (102) sprachen

sich bereits im Voraus dafür aus, die Indikation zur offenen Versorgung mit Osteosynthese unabhängig von der Frakturlokalisierung bei einer Fragmentverschiebung von 10 bis 45 Grad oder bei verkürzter Ramushöhe von 2 oder mehr Millimetern zu stellen. Weitergehend empfahlen Zachariades et al. (41) eine osteosynthetische Versorgung ebenfalls bei stark dislozierten Frakturen, bei verminderter Ramushöhe, bei zahnlosen Patienten und Patientinnen, sowie um auftretende Okklusionsstörungen zu harmonisieren. Sie betonten gleichzeitig die Relevanz einer frühen Mobilisation für das Outcome in der Versorgung von Kondylusfrakturen, ermöglicht durch die stabile Fixierung der Frakturfragmente mittels Osteosynthesematerials. Dabei seien Führungsgummis über eine verkürzte Zeitspanne (< 2 Wochen) einsetzbar bis gänzlich verzichtbar. Denn verlängerte Immobilisationszeiten bergen insbesondere bei Frakturen mit direktem Kontakt zum Kiefergelenk die Gefahr, intraartikuläre Adhäsionen und Vernarbungen im Weichgewebe hervorzurufen (7). Analog bestätigten Ergebnisse neuere Studien, wie etwa die der Metaanalyse von Al-Moraissi und Ellis (3), eine Überlegenheit der invasiven Osteosynthese gegenüber der konservativen Therapie in objektiven und subjektiven Aspekten wie maximaler Mundöffnung, Laterotrusionsbewegungen, Okklusionsstörungen, Schmerzen und Asymmetrien durch die Wiederherstellung einer physiologischen Situation des Kiefergelenkes. Dies gelte nur für operative Eingriffe mit interner Fixierung, bei der auf eine rigide intermaxilläre Fixierung gänzlich verzichtet werden kann.

Die beschriebenen Entwicklungen und therapeutischen Tendenzen spiegeln sich in der Verteilung der in vorliegender Studie betrachteten Kollektive von geschlossen zu offen versorgten Kondylusfrakturen wider: von den insgesamt eingeschlossenen 377 Kondylusfrakturen wurden 350 Fällen durch offene Reposition und interne Fixierung mittels Osteosynthese therapiert, lediglich 27 Frakturen entfielen auf das konservativ versorgte Kollektiv. Alle Patienten und Patientinnen wurden am Regensburger Universitätsklinikum prätherapeutisch über bestehende Behandlungsmöglichkeiten informiert. Bei den operativ versorgten Frakturen wurde in 91,7 % der Fälle der retromandibuläre transparotideale Zugang (n=321) gewählt.

Etwa zwei Drittel der Kondylusfrakturen gingen mit einer Unterkieferbegleitfraktur einher, wiederum davon die häufigste war eine paramediane Fraktur. Dabei ging beinahe ein Drittel aller unilateralen Frakturen des mandibulären Kondylus mit einer kontralateralen paramedianen Unterkieferfraktur einher.

63 % der konservativ versorgten Frakturen entsprachen dem Typ I ohne Fragmentdislokation nach der Klassifikation von Spiessl und Schroll und gingen ohne posttraumatisch veränderte Okklusionssituation einher, hingegen waren 87 % der chirurgisch versorgten Frakturen Typ II-IV und mit präoperativer Okklusionsstörung assoziiert. Im gesamten Studienkollektiv wurde in 18,0 % der Fälle posttherapeutisch eine Okklusionsstörung erfasst, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen offener und geschlossener Therapie bestand. In der vorliegenden Studie ist jedoch ein Vergleich von offener und geschlossener Therapie bezüglich einer posttherapeutischen Okklusionsstörung bei oben beschriebener Verteilung in Bezug auf die Fragmentdislokation nicht sinnvoll, da im vorliegenden Studienkollektiv die Gruppe der konservativ versorgten Fälle mehrheitlich nicht dislozierte Frakturen inkludierte (63,0 %). Dahingegen dominierte in der Gruppe der osteosynthetisch therapierten Frakturen der prozentuale Anteil dislozierter Frakturen (86,9 %). Weiterhin lag in letztgenannter Gruppe im Vergleich zum konservativ therapierten Kollektiv der Anteil getrümmerter (10,0 % zu 3,7 %) und luxierter Frakturen (13,4 % zu 0 %) jeweils höher.

In den Studien, die in die Metaanalyse von Berner et al. (5) inkludiert wurden, lagen diese Werte bezüglich vorliegender posttherapeutischer Okklusionsstörung bei konservativer Behandlung im ähnlichen Bereich (Spannweite 9-25 %), bei osteosynthetischer Versorgung etwas niedriger (Spannweite 0-9 %). Demnach wurde dort ein besserer Outcome der Okklusion nach offener Reposition und interner Fixierung diskutiert. Gleichzeitig muss beachtet werden, dass die in die Metastudie eingeschlossenen retro- und prospektiven Studien im Vergleich zu unserer Studie deutlich reduzierte Kollektive osteosynthetisch versorgter Frakturen mit nie mehr als 34 Fällen aufwiesen. Eine retrospektive Studie von García-Guerrero et al. beschrieb anhand 2.458 Patienten und Patientinnen mit mandibulären Kondylusfrakturen (160) ebenfalls einen signifikanten Unterschied in der Okklusionsstörungsrate der konservativ (11,1 %) und chirurgisch-invasiv (4,0 %) versorgten mandibulären Kondylusfrakturen. Bezüglich des Anteils der Okklusionsbeschwerden bestand weiterhin keine signifikante Differenz zwischen beiden Kohorten ( $P=1,000$ ). Okklusionsstörungen wurden indes signifikant höher bei bilateralen Kondylusfrakturen registriert ( $P=0,039$ ). Dies korreliert mit den Ergebnissen der retrospektiven Studie von Nys et al. (161), die bei 2.810 betrachteten Frakturen ebenfalls ein erhöhtes Auftreten von Okklusionsstörungen bei den bilateral aufgetretenen erfasste. Bilaterale Kondylusfrakturen gehen bei veränderter Biomechanik im Rahmen eines multiplen Frakturvorliegens bekanntermaßen mit einem erhöhten Schwierigkeitsgrad in der Rekonstruktion und damit mit einem möglichen Mangel an Präzision in der Rehabilitation des Kondylus einher (2,3). Die verkürzte Ramushöhe bei bilateralen Frakturen kann, etwa bei

konservativer Therapie und bei unvollständiger anatomischer Reposition im offenen Verfahren, einen frontoffenen Biss hervorrufen (97). Eine vorliegende Luxation des Kondyluskopfes korrelierte in unserer Studie signifikant mit einer posttherapeutischen Okklusionsstörung ( $P=0,016$ ). Ein Zusammenhang kann hier möglicherweise in der erschwerten Reposition und gleichzeitigen Traumatisierung der Gelenkkapsel gesehen werden. Nichtsdestotrotz wurde in manchen wissenschaftlichen Darlegungen neben dem Verlust der Ramushöhe lediglich das Vorliegen einer Kondylusluxation als echte Indikation einer operativen Versorgung angesehen (99).

In unserer Studie zeigten 7,1 % aller operativ versorgten Kondylusfrakturen eine postoperative Beeinträchtigung des N. facialis, in 1,7 % aller Fälle verblieb dabei eine permanente Nervschwäche. Dies korreliert annähernd mit Daten von Al-Moraissi und Ellis (3), die in ihrer Studie eine dazu verwandte Rate von Nervschädigungen aufführten: bei 5,83 % aller offen reponierten Kondylusfrakturen dokumentierten sie eine Schwäche, wengleich mit einhergehender Regeneration in weniger als 6 Monaten in der Mehrzahl der Fälle. In einer Studie von Ellis et al. (9) wurde in 93 operativ versorgten Fällen der retromandibuläre Zugang gewählt, 6 Monate postoperativ zeigte sich in keinem Fall eine permanente Fazialisschwäche. Auch das systematische Review von Rozeboom et al. (1) zeigte ähnliche Ergebnisse: bei 2.783 Erkrankten mit Kondylusfrakturen beschrieben sie eine Auftrettsrate einer Fazialisparese von 12 %. Von diesen verblieben 5 % der Fälle permanent, auf das gesamte Studiengut bezogen entsprach dies lediglich 0,6 %.

In unserer aktuellen Studie betrug die mittlere Dauer der Fazialisparese  $8,90 \pm 7,63$  Wochen. In einer Studie von Bhutia et al. (105), die den Outcome nach retromandibulärem Zugang, jedoch bei subkondylären Frakturen, beschrieb, lag die mittlere Dauer einer Fazialisparese bei 12 Wochen. Das dabei betrachtete Kollektiv ist mit 44 Fällen im Vergleich zu unserer Studiengruppe gleichzeitig deutlich reduziert.

In 45,2 % der Nervschädigung zeigte sich ein House-Brackmann Score Grad II mit überwiegender Affektion des R. zygomaticus. In den dokumentierten Fällen gehen wir im Zusammenhang der operativen Versorgung der Kondylusfraktur von der mildesten Form der peripheren Schädigung des N. facialis aus, einer vorübergehenden Neurapraxie, die innerhalb von 12 Wochen abklingt. Einen Zusammenhang zur Wahl des chirurgischen Zugangs stellten wir nicht fest ( $P=1,000$ ). Wobei ein Vergleich der Zugänge in unserem Studienkollektiv nicht geeignet erscheint, da es überwiegend aus durch den retromandibulär transparotidealen Zugang versorgten Frakturen (91,7 %) besteht. In Anlehnung an weitere Studien betrachten wir das

Risiko der Schaffung einer permanenten Nervschädigung im Zuge eines transparotidealen Zugangsweges als sehr gering (1,105). Der Vorteil der verkürzten zurückzulegenden Strecke zwischen Hautinzision und Frakturlokalisierung, etwa im Vergleich zum submandibulären Zugang (69,70,150) lässt den retromandibulären Zugang weiterhin als favorabel erscheinen. Es gilt hierbei zu beachten, dass der Hauptaugenmerk der Debatte bezüglich des operativen Zugangs nicht auf dem initialen Hautschnitt, sondern auf der subkutanen Präparation liegt (1).

Shi et al. (162) beschrieben in ihrer retrospektiven Studie für die Korrelation von postoperativen Fazialisparese ein 7-fach erhöhtes Risiko bei Frakturdislokationen und eine um das 22-fache gesteigerte Gefährdung des N. facialis bei hohen im Vergleich zu niedrigen Kondylusfrakturen. Überdies wurde in der 50 Fällen inkludierenden retrospektiven Studie von Kanno et al. (163) ein etwa 20-fach gesteigertes Risiko einer postoperativen Fazialisschwäche bei Gelenkhalsfrakturen im Vergleich zu subkondylären Frakturen beschrieben. Analog sind in unserer Studie hohe Kondylusfrakturen nach der SORG-Klassifikation statistisch signifikant mit dem Auftreten einer Nervläsion assoziiert ( $P=0,001$ ). Weiterhin stand das Auftreten einer Fazialisschwäche in signifikanter Beziehung zu Frakturlokalisierung und -typ nach Spiessl und Schroll ( $P=0,002$ ). Weiter kranial lokalisierte Frakturen erfordern in der Regel eine stärkere intraoperative Retraktion, um den Operationssitus suffizient darzustellen und gehen dadurch womöglich mit stärkerer Kompression der Parotis und den proximalen Anteilen des N. facialis einher (151). In den meisten Fällen bleibt eine Schwächung des N. facialis transient und lässt sich anscheinend weniger auf eine direkte chirurgisch-iatrogene Verletzung in der transparotidealen Dissektion zurückführen, sondern ist vielmehr dem ausgedehnten Gewebezug im Rahmen des operativen Eingreifens geschuldet (1,151).

Im Unterschied zu vorherigen Studien, die überwiegend eine Schwächung des R. buccalis beschrieben, war in unserer Studie bei 52 % aller Fazialisparesen der R. zygomaticus betroffen. Im Großteil der vorherigen Studien wird im Zuge des retromandibulären Zugangs die Hautinzision unterhalb des Ohrläppchens gesetzt und die Dissektion hauptsächlich zwischen R. buccalis und R. marginalis mandibulae durchgeführt (151). Dahingegen wird am Universitätsklinikum Regensburg der Hautschnitt in manchen Fällen weiter kranial, anterior des Ohrläppchens mit einhergehender direkter Präparation zwischen R. zygomaticus und R. buccalis durchgeführt. Dies ermöglicht den unmittelbarsten und direkten Weg zum größten Anteil aller Kondylusfrakturen. Gleichzeitig kann so eine exakte dreidimensionale Reposition der Frakturfragmente unter direkter Sicht auf den aufsteigenden Ast der Mandibula gelingen. Durch die Wiederherstellung der anatomisch korrekten Position und anschließender Stabilisierung können einerseits optimierte Voraussetzungen zur Knochenheilung geschaffen



werden, ferner impliziert die damit einhergehende minimierte Notwendigkeit der kraftausübenden Retraktion des Weichgewebes ein geringeres Auftreten von postoperativen Komplikationen, insbesondere hinsichtlich einer Fazialisparese (146).

In unserer Studie zeigten außerdem Trümmerfrakturen eine signifikante Korrelation zum vermehrten Auftreten einer Fazialisschwäche ( $P=0,028$ ), vermutlich durch eine aufwändigere Reposition und in der Regel erforderlichen Erweiterung des chirurgischen Zugangsweges. Zusätzlich korrelierte die Operationsdauer signifikant mit dem Auftreten einer Fazialisparese ( $p=0,040$ ). Kanno et al. (163) identifizierten simultan dazu eine Korrelation der Komplexität des Frakturpatterns und dem Risiko für eine postoperative Fazialisschwäche, wenngleich die Anzahl der beurteilten Fälle dabei mit 10 deutlich reduziert war. Andere Studien wiesen zu kleine Fallzahlen auf, um statistische Analysen dieser Komplikationen zu erlauben (150). In unserer Studie trat zudem eine statistisch signifikante Relation zwischen postoperativer Okklusionsstörung und Schwäche des N. facialis auf ( $P=0,001$ ). Mutmaßlich ist dies ebenfalls auf die erhöhte Komplexität des Frakturschemas mit einhergehender gesteigerter Anforderung hinsichtlich korrekter Reposition und rigider Fixierung zurückzuführen. Kompliziertere Operationen können neben prolongierter Operationszeit, wie oben beschrieben, einen verstärkten Gewebebezug zur Reposition und Bergung dislozierter Fragmente erfordern, wodurch das neuronale Gewebe der fünf Hauptäste des N. facialis zunehmend belastet wird. Zusätzlich kann das postoperativ entstehende Ödem zu einer verminderten Nährstoffzufuhr der Axone, ggf. zu Axonotmesis (Regenerationszeit 13-24 Wochen) und retrograder Nervdegeneration führen (162). Die gesamtheitlich betrachtete Diffizilität der zu versorgenden Frakturen wurde bereits in vorherigen Studien als erhöhtes Risiko einer postoperativen Schwächung aufgeführt (1,151). Wir stellten in unserer Kohorte keinen signifikanten Vorteil eines intraoperativen Neuromonitorings fest, dennoch bleibt der Einsatz empfehlenswert.

Postoperative parotisspezifische Komplikationen wie Speichelfisteln oder Sialozelen wurden in 3,7 % aller operativ versorgten Kondylusfrakturen beobachtet. Diese wurden gänzlich im Kollektiv der durch einen retromandibulären transparotidealen Zugang versorgten Fälle dokumentiert und verblieben ohne Signifikanz zur Wahl einer anderen Zugangsform ( $P=0,613$ ). Analog zu anderen wissenschaftlichen Untersuchungen waren Komplikationen, die die Parotis betreffen, relativ selten. Torre et al. (146) beobachteten in ihrem Studienkollektiv dahingegen mit geringfügig höherer Häufigkeit (6,8 %) eine Parotidfistel oder Sialozele eine Woche nach operativer Versorgung der Kollumfrakturen. Durch präzise Rekonstruktion der Speicheldrüsenkapsel und speicheldichten Wundverschluss können derartige Komplikationen

im Regelfall vermieden werden (9). Dabei ist intraoperativ die scharfe Eröffnung mit Schaffung glatter Wundränder und sorgfältiger Hämostase im Bereich der Speicheldrüse zu beachten (164). Postoperativ auftretende Sialozelen oder Speichelfisteln können im klinischen Alltag mittels Kompressionsverband und ggf. antibiotischer Therapie meist erfolgreich behandelt werden (1,165). Außerdem könne eine medikamentöse Therapie durch mehrtägige transdermale Anwendung Muscarinrezeptor-Antagonisten in Form von Scopolamin-Pflastern eingesetzt werden. Im Sinne einer Hemmung der Speichelsekretion wird die anticholing wirksame Substanz in der Literatur bisher insbesondere bei einem postoperativ auftretenden Frey-Syndrom und einhergehender Hypersalivation beschrieben (166,167). In unserer Studie zeigte sich keine statistisch relevante Korrelation zur Lokalisation der Fraktur ( $P=0,356$ ) oder zum Vorliegen einer Frakturdislokation ( $P=0,695$ ). Während lediglich in 2,9 % der nicht-luxierten Kondylusfrakturen postoperativ eine Sialozele oder Parotidfistel auftrat, wurde dies bei 8,3 % der Frakturen mit luxiertem Kondyluskopf registriert, im Vergleich stellte sich dabei jedoch keine statistische Signifikanz dar ( $P=0,087$ ).

Es zeigte sich eine statistisch signifikante Häufung von Sialozelen und Speichelfistelungen in Revisionsoperationen ( $P=0,009$ ). Möglicherweise ist der speicheldichte Drüsenverschluss bei erneutem Zugang zum Operationsgebiet durch eine damit einhergehend erweiterte Traumatisierung der Kapsel häufiger nicht gewährleistet.

Eine Aussage zur maximalen Mundöffnung in Relation zur prätraumatischen Situation ist in der Regel nicht möglich, da letztere bei Aufnahme in der Klinik nach erfolgtem Trauma unbekannt ist. Daher ist hier eine Einschätzung anhand normativer Werte bezüglich der interinzisalen Distanz sinnvoll (168). Bei 13,1 % der mittels osteosynthetischer Versorgung behandelten Erkrankten wurde eine Einschränkung der posttherapeutischen Mundöffnung registriert, 18,5 % aller konservativ versorgten Fälle waren davon betroffen. Dennoch zeigt sich in unserer Studie keine statistische signifikante Überlegenheit in puncto Mundöffnungsfähigkeit hinsichtlich einer der beiden Therapieformen, weder nach 6 Monaten ( $P=0,389$ ), noch nach 12 Monaten ( $P=0,490$ ).

In einer prospektiven randomisierten Studie (169) wurde diesbezüglich ebenfalls keine Differenz in beiden Behandlungsgruppen festgestellt. Das posttherapeutische Management, etwa eine adäquate Frühmobilisierung und spezielle Physiotherapie mit funktionellen Übungen, hat möglicherweise ebenfalls einen wichtigen Einfluss auf die Regeneration der maximalen Mundöffnung, sowohl im geschlossen wie im offen therapierten Studienkollektiv (170).

In einer longitudinalen Studie über 52 Wochen hinweg ermittelten Niezen et al (168) als relevante Faktoren für eine posttherapeutisch eingeschränkte Mundöffnung eine ausgedehnte Frakturdislokation, bilaterale Frakturen und einhergehende Unterkieferbegleitfrakturen. Eine Einschränkung der maximalen Mundöffnung trat in unserer Studie ebenfalls signifikant erhöht in der Gruppe der bilateralen Kondylusfrakturen ( $p < 0.001$ ), im Kollektiv mit Unterkieferbegleitfrakturen ( $P = 0,001$ ), sowie bei Patienten und Patientinnen mit synchroner Mittelgesichtsfraktur ( $P = 0,009$ ) auf. Schmerzen im Bereich des Kiefergelenks oder der Wunde während des Heilungsprozesses wurden als mögliche Ursache für einen Anstieg postoperativer Mundöffnungsbeeinträchtigungen gelistet (171). Ein extendiertes chirurgisches Eingreifen kann bei multiplen Begleitfrakturen ein stärkeres Schmerzempfinden hervorrufen. Zusätzlich können ein intensivierter Muskelzug und vermehrte Narbenbildung eine reduzierte maximale Mundöffnung verursachen. So traten bei Luxation des Kondylus mit 18,8 % dezent mehr posttherapeutische Mundöffnungseinschränkungen auf als bei fehlender Luxation (12,8 %). Ebenso wurde dies bei Verlust des Knochenkontaktes der Frakturfragmente mit 14,6 % im Gegensatz zum erhaltenen Kontakt mit 7,9 % und bei Trümmerfrakturen mit 19,4 % und fehlender Trümmerung mit 12,9 % beobachtet. Keiner dieser Variablen zeigte sich jedoch statistisch signifikant ( $P = 0,261$ ;  $P = 0,224$ ;  $P = 0,485$ ). Weitergehend waren hohe Kondylusfrakturen in unserer Studie signifikant mit einer reduzierten postoperativen Mundöffnung verbunden ( $P = 0,030$ ). Höher gelegene Frakturen können durch posttraumatische und -operative Gewebeumbau und Narbenbildung im Gegensatz zu tiefen Kondylusfrakturen die Funktion und Morphologie des temporomandibulären Komplexes aufgrund anatomischer Nähe mit einer höheren Wahrscheinlichkeit beeinflussen. Die durch den Muskelzug des M. pterygoideus lateralis häufig zu beobachtende anteromediale Verschiebung des kranialen Fragmentes kann im Besonderen bei hohen Kiefergelenkfortsatzfrakturen die Mobilität des Kondyluskopfes behindern und konsekutiv zu funktionalen Beeinträchtigungen führen (172).

In unserer Studie zeigte sich eine geschlechterspezifische signifikante Differenz bezüglich der posttherapeutischen maximalen Mundöffnung; während 27,1 % der Patientinnen betroffen waren, waren es 6,5 % der Patienten ( $p < 0.001$ ). Vorhergehende Studien beschrieben ebenfalls eine geschlechterspezifische Gewichtung von posttherapeutischer Mundöffnungsbeeinträchtigungen nach Kondylusfrakturen zugunsten weiblicher Erkrankter, wobei die Gründe dafür unklar bleiben (168).

Diese Studie weist selbstverständlich verschiedene Limitationen auf. Zunächst ist die retrospektive Studiengestaltung auf klinischer Dokumentation zu nennen. Dabei fehlen wichtige

Parameter wie Ausmaß der jeweiligen Mundöffnungseinschränkungen, Okklusionsstörungen und Schmerzgrade sowie Dimension der Fazialisparese. Diese fehlenden Daten werden jedoch durch die Größe des untersuchten Fallkollektivs von 350 operativ versorgten Kondylusfrakturen ausgeglichen, was damit zuverlässige Aussagen erlaubt. Zusätzlich sei selbstkritisch angemerkt, dass die posttherapeutischen Nachuntersuchungen durch behandelnde Ärzte und Ärztinnen des Universitätsklinik Regensburg anstatt unabhängiger blinder Begutachter durchgeführt und dokumentiert wurden. Ein weiteres potenzielles Bias ist der Ausschluss der intrakapsulären Kondylusfrakturen aus der Auswertung, die aufgrund differierender Behandlungsrichtlinien, die etwa den chirurgischen Zugang und die Indikation einer offenen Reposition und internen Fixierung betreffen, vollzogen wurde. Begleitende kontralaterale intrakapsuläre Frakturen wurden als bilaterale Frakturen beschrieben. Weitergehend konnten individuelle Erfahrungs- und Fertigungsunterschiede der behandelnden Operateure nicht betrachtet werden, obwohl diese wahrscheinlich einen großen Einfluss auf das operative Outcome haben. Da nahezu alle dislozierten Frakturen durch offene Reposition therapiert wurden und die konservative Behandlung den nichtdislozierten Grad I Kondylusfrakturen vorbehalten war, erlaubt die aktuelle Studie diesbezüglich keinen adäquaten Vergleich zwischen der operativen und konservativen Versorgung der Kondylusfrakturen. In kritischer Reflexion eignen sich in Zukunft für wissenschaftliche Betrachtungen der Problemlage womöglich isolierte Gruppen, in denen operative Verfahren für verschiedenartige Frakturlokalisationen selektiv bezüglich des funktionellen Outcomes miteinander verglichen werden könnten. Weiterhin könnte dabei etwa der Einfluss der chirurgischen Erfahrung der Operateure mit einbezogen werden, vorzugsweise sollten randomisierte prospektive Studien vorgenommen werden.

## **6. Zusammenfassung**

Mandibuläre Kondylusfrakturen sind unter allen Unterkieferfrakturen vielfach vertreten, wobei diese wiederum zu den häufigsten Frakturen des Viscerocraniums zählen. Bis heute sind noch keine eindeutigen und insbesondere international geltenden Richtlinien für deren Versorgung festgelegt. Ziel dieser retrospektiven Studie war es, das klinische Outcome sowie langfristige Komplikationen der Kondylusfrakturen nach operativer Versorgung mittels interner Fixierung oder konservativer Therapie kritisch zu beurteilen.

Es wurden über einen 15-jährigen Zeitraum 377 extrakapsuläre Frakturen bei 347 Patienten und Patientinnen retrospektiv betrachtet, die an der universitären Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in Regensburg versorgt wurden. Sowohl bezüglich mittlerem epidemiologischen Aspekten wie Erkrankungsalter und Geschlechterverteilung, als auch bezüglich Traumaätiologie, zeigte sich das Studienkollektiv analog zu in europäischen Städten erhobenen Daten, die in der Literatur beschrieben wurden.

Die häufigste langfristige Komplikation bei osteosynthetischer Versorgung nach offener Reponierung stellte das Vorliegen von Okklusionsstörungen dar. Es zeigte sich im Studienkollektiv häufiger bei bilateralen sowie mit aufwendiger Reposition einhergehenden Frakturen. Weiterhin scheint das Risiko einer Schädigung des N. facialis unter Verwendung des retromandibulären Zugangs sehr klein zu sein, wenngleich dieses, wie in der vorliegenden Studie gezeigt, ebenfalls bei komplexeren Frakturmustern und damit einhergehend prolongierter Operationsdauer vergrößert sein kann. Ebenso präsentierte sich die Gefahr einer postoperativen Sialozele oder Parotisfistel bei retromandibulärer Inzision als sehr gering.

Konkludierend lässt sich festhalten, dass die operative Versorgung einschließlich Osteosynthese mittels retromandibulär-transparotidealem Zugangsweg, eine sichere und anerkannte Vorgehensweise in der Versorgung extrakapsulärer Frakturen des mandibulären Kondylus darstellt.

Diese Arbeit wurde veröffentlicht als:

Maurer M, Klaes T, Meier J, Gottsauner J, Taxis J, Schuderer J, Reichert T, Ettl T. „Treatment of extracapsular fractures of the mandibular condylar process: A retrospective evaluation of 377 cases“, Dental Traumatology Volume 39, Issue 6, 2023 Jul 23

## 7. Literaturübersicht

1. Rozeboom A, Dubois L, Bos RRM, Spijker R, Lange J de (2018) Open treatment of condylar fractures via extraoral approaches: A review of complications. *J Craniomaxillofac Surg.*; 46(8): 1232–40
2. Singh V, Bhagol A, Dhingra R. (2012) A comparative clinical evaluation of the outcome of patients treated for bilateral fracture of the mandibular condyles. *J Craniomaxillofac Surg.*; 40(5): 464–6
3. Al-Moraissi EA, Ellis E. (2015) Surgical treatment of adult mandibular condylar fractures provides better outcomes than closed treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Oral Maxillofac Surg.*; 73(3): 482–93
4. Boffano P, Benech R, Gallesio C, Arcuri F, Benech A (2014) Current opinions on surgical treatment of fractures of the condylar head. *Craniomaxillofac Trauma & Reconstr.*; 7(2): 92–100
5. Berner T, Essig H, Schumann P, Blumer M, Lanzer M, Rücker M, Gander T (2015) Closed versus open treatment of mandibular condylar process fractures: A meta-analysis of retrospective and prospective studies. *J Craniomaxillofac Surg.*; 43(8): 1404–8
6. Patil RS, Gudi SS (2011) Management of Subcondylar Fracture through Intraoral Approach with Rigid Internal Fixation. *J Maxillofac Oral Surg.*; 10(3): 209–15
7. Neff A. (2019) Open reduction and internal fixation in temporomandibular joint traumatology: current concepts and future perspectives. *SDS*
8. Rasse M. (2000) Neuere Entwicklungen der Therapie der Gelenkfortsatzbrüche der Mandibula. *Mund Kiefer GesichtsChir.*; 4(2): 69–87
9. Ellis E, McFadden D, Simon P, Throckmorton GS (2000) Surgical complications with open treatment of mandibular condylar process fractures. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 58(9): 950–8
10. Jensen T, Jensen J, Nørholt SE, Dahl M, Lenk-Hansen L, Svensson P (2006) Open reduction and rigid internal fixation of mandibular condylar fractures by an intraoral approach: a long-term follow-up study of 15 patients. *J of Oral and Maxillofacial Surg.*; 64(12): 1771–9
11. Hlawitschka M, Eckelt U (2002) Klinische, radiologische und axiographische Untersuchung nach konservativ funktioneller Behandlung diacapitulärer Kiefergelenkfrakturen [Clinical, radiological and axiographic examination after conservative functional treatment of intracapsular temporomandibular joint fractures]. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*; 6(4): 241–8
12. Chrcanovic BR (2012) Open versus closed reduction: diacapitular fractures of the mandibular condyle. *Oral Maxillofac Surg.*; 16(3): 257–65
13. Schiebler TH, Korf H-W (2007) Anatomie: Histologie, Entwicklungsgeschichte makroskopische und mikroskopische Anatomie; 10th ed.
14. Waldeyer A, Anderhuber F (2012) Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band. 19th ed. De Gruyter
15. Gühning W, Barth J. Anatomie (2014) Spezielle Biologie des Kausystems. Grundwissen für Zahntechniker vol. 3; 6th ed.; Neuer Merkur GmbH Verlag

16. Silvennoinen U, Iizuka T, Lindqvist C, Oikarinen K (1992) Different patterns of condylar fractures: an analysis of 382 patients in a 3-year period. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 50(10): 1032–7
17. Härle F. (1980) Strukturanalyse des Kiefergelenkköpfchens in Schuchardt KA, Schwenzer N, editors. *Fortschritte der Kiefer- und Gesichts-Chirurgie, Erkrankungen des Kiefergelenkes*; Thieme (XXV): 62-3
18. Schiel S, Probst F, Mayer P, Kaeppler G, Peter Cornelius C (2014) Kiefergelenkfortsatzbasis- und Kiefergelenkhalsfrakturen bei Kindern und Jugendlichen – Plädoyer für eine transoral endoskopisch assistierte operative Versorgung bei starker Dislokation und Luxation. *OP-Journal*; 29(02): 156–63
19. Zilles K, Tillmann B (2010) *Anatomie*. Springer; Heidelberg (ed.1): 97 & 652
20. Schumacher G-H (1997) *Anatomie für Zahnmediziner: Lehrbuch und Atlas*. 3. ed. Hüthig
21. Hinrichsen KV, Beier HM, Breucker H, Christ B, Duncker H-R, Dvořák M, Gaudecker B, Dorsche HH, Holstein AF, Jacob HJ, Jacob M, Jorch G, Kaufmann P, Kostović I, Prindull G, Seidl W, Steding G, Tesařík J, Wartenberg H (1990) *Humanembryologie: Lehrbuch und Atlas der vorgeburtlichen Entwicklung des Menschen*, Springer; Berlin
22. Schmolke C (1994) The relationship between the temporomandibular joint capsule, articular disc and jaw muscles. *J of Anatomy*; 184 (Pt 2): 335–45
23. Solberg WK (1986) Temporomandibular disorders: background and the clinical problems. *Br Dent J.*; 160(5): 157–61
24. Christiansen EL, Chan TT, Thompson JR, Hasso AN, Hinshaw DB, Kopp S (1987) Computed tomography of the normal temporomandibular joint. *Scandinavian J of dental research*; 95(6): 499–509
25. Ribeiro EC, Sanches ML, Alonso LG, Smith RL (2015) Shape and Symmetry of Human Condyle and Mandibular Fossa. *Int. J. Odontostomat.*; 9(1): 65–72
26. Pandis N, Karpac J, Trevino R, Williams B (1991) A radiographic study of condyle position at various depths of cut in dry skulls with axially corrected lateral tomograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*; 100(2): 116–22
27. Yale SH, Ceballos M, Kresnoff CS, Hauptfuehrer JD (1963) Some observations on the classification of mandibular condyle types. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*; 16(5): 572–7
28. DuBrul EL (1988) *Sicher and DuBrul's oral anatomy*. 8th ed. St. Louis
29. Behr M, Fanghänel J, Attin T (2020) *Kraniomandibuläre Dysfunktionen: Antworten auf Fragen aus der Praxis*. Georg Thieme Verlag; Stuttgart
30. Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Ihlow D, Lotzmann U, Hahn W, Thieme KM, Proff P, Gedrange T, Nägerl H (2007) Functional state of the mandible and rolling-gliding characteristics in the TMJ. *Anatomische Gesellschaft.*; 189(4): 393–6
31. Wenz H-J, Hellwig E, Lehmann KM (2019) *Zahnärztliche Propädeutik: Einführung in die Zahnheilkunde*. 14th ed. Deutscher Zahnärzte Verlag (XIII); Köln
32. Benninghoff A, Drenckhahn D, Waschke J (2020) *Taschenbuch Anatomie*. 3rd ed. Elsevier, München
33. Lüllmann-Rauch R, Asan E (2019) *Taschenlehrbuch Histologie*. 6th ed. Georg Thieme Verlag; Stuttgart
34. Aumüller G, Aust G, Engele J, Kirsch J (2020) *Anatomie*. 5th ed. Thieme (Duale Reihe)



35. Al-Kayat A, Bramley P (1979) A modified pre-auricular approach to the temporomandibular joint and malar arch. *Br J of Oral Surg.*; 17(2): 91–103
36. Depprich R, Handschel J, Hornung J, Meyer U, Kübler NR (2007) Ursachen, Therapie und Komplikationen bei der Frakturversorgung des Unterkiefers - eine retrospektive Analyse von 10 Jahren. *Mund Kiefer GesichtsChir.*; 11(1): 19–26
37. Haug RH, Prather J, Thomas Indresano A (1990) An epidemiologic survey of facial fractures and concomitant injuries. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 48(9): 926–32
38. Boffano P, Roccia F, Zavattero E, Dediol E, Uglešić V, Kovačić Ž, Vesnaver A, Konstantinović VS, Petrović M, Stephens J, Kanzaria A, Bhatti N, Holmes S, Pechalova PF, Bakardjiev AG, Malanchuk VA, Kopchak AV, Galteland P, Mjøen E, Skjelbred P, Koudougou C, Mouallem G, Corre P, Løes S, Lekven N, Laverick S, Gordon P, Tamme T, Akermann S, Karagozoglu KH, Kommers SC, Forouzanfar T (2015) European Maxillofacial Trauma (EURMAT) project: a multicentre and prospective study. *J Craniomaxillofac Surg.*; 43(1): 62–70
39. Newman L (1998) A clinical evaluation of the long-term outcome of patients treated for bilateral fracture of the mandibular condyles. *Br J of Oral and Maxillofac Surg.*; 36(3): 176–9
40. Marker P, Nielsen A, Bastian HL (2000) Fractures of the mandibular condyle. Part 1: patterns of distribution of types and causes of fractures in 348 patients. *Br J of Oral and Maxillofac Surg.*; 38(5): 417–21
41. Zachariades N, Mezitis M, Mourouzis C, Papadakis D, Spanou A (2006) Fractures of the mandibular condyle: a review of 466 cases.: Literature review, reflections on treatment and proposals: *ElSelvier* (vol. 34)
42. Singleton C, Manchella S, Nastri A, Bordbar P (2022) Mandibular fractures - what a difference 30 years has made. *Br J Oral Maxillofac Surg.*
43. Lindahl L (1977) Condylar fractures of the mandible. *Int J of Oral Surg.*; 6(1): 12–21
44. Boole JR, Holtel M, Amoroso P, Yore M (2001) 5196 mandible fractures among 4381 active duty army soldiers, 1980 to 1998. *Laryngoscope.*; 111(10): 1691–6
45. Niezen ET, Bos RRM, van Minnen B, Eckelt U, Tavassol F, Dijkstra PU (2018) Fractures of the mandibular condyle: A comparison of patients, fractures and treatment characteristics between Groningen (The Netherlands) and Dresden (Germany). *J Craniomaxillofac Surg.*; 46(10): 1719–25
46. Van den Bergh B, Heymans MW, Duvekot F, Forouzanfar T (2012) Treatment and complications of mandibular fractures: a 10-year analysis. *J Craniomaxillofac Surg.*; 40(4): e108-11
47. Bormann K-H, Wild S, Gellrich N-C, Kokemüller H, Stühmer C, Schmelzeisen R, Schön R (2009) Five-Year Retrospective Study of Mandibular Fractures in Freiburg, Germany: Incidence, Etiology, Treatment, and Complications. *Journal of Oral and Maxillofacial Surg.*; 67(6): 1251–5
48. Afrooz PN, Bykowski MR, James IB, Daniali LN, Clavijo-Alvarez JA (2015) The Epidemiology of Mandibular Fractures in the United States, Part 1: A Review of 13,142 Cases from the US National Trauma Data Bank. *J Oral Maxillofac Surg.*; 73(12): 2361–6

49. Hart RT, Hennebel VV, Thongpreda N, van Buskirk WC, Anderson RC (1992) Modeling the biomechanics of the mandible: A three-dimensional finite element study. *J of Biomechanics.*; 25(3): 261–86
50. Meyer C, Kahn J-L, Boutemi P, Wilk A (2002) Photoelastic analysis of bone deformation in the region of the mandibular condyle during mastication. *J of Cranio-Maxillofacial Surg.*; 30(3): 160–9
51. Zhou H-H, Lv K, Yang R, Li Z, Li Z (2016) Mechanics in the Production of Mandibular Fractures: A Clinical, Retrospective Case-Control Study. *Plos one*; 11(2)
52. Huelke DF, Patrick LM (1964) Mechanics in the production of mandibular fractures: Strain-Gauge Measurements of impacts to the chin. *J Dent Res*: 43437–46
53. Schwenzler N (2011) *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde: Lehrbuch zur Aus- und Fortbildung in 5 Bänden.* 4th ed. Thieme (Vol.2); Stuttgart
54. Huelke DF, Harger JH (1969) Maxillofacial injuries: their nature and mechanisms of production. *J Oral Surg.* 27(7): 451–60
55. Hausamen J-E (2014) *Traumatologie des Mund-, Kiefer-, Gesichtsbereichs.* Springer; Berlin
56. Dhupar V (2021) Fracture of the Mandibular Condyle. In: Bonanthaya, K., Panneerselvam, E., Manuel, S., Kumar, V.V., Rai, A. (eds) *Oral and Maxillofacial Surgery for the Clinician.* Springer, Singapore: 1085–114
57. Schiel S, Smolka W, Leiggenger C, Kaeppler G, Cornelius C-P (2012) „Open book“-Frakturen des Mandibularbogens: Bilaterale Gelenkfortsatzfrakturen in Kombination mit Paramedian-/Medianfrakturen des Unterkiefers. *Operative Behandlungsstrategien. OP-Journal* 28(02): 194–210
58. Köhler J (1951) *Diagnostik und Therapie der Kieferfrakturen.* Hüthig-Verlag
59. Petzel J-R, Büllles G (1981) Experimental studies of the fracture behaviour of the mandibular condylar process. *J of Maxillofacial Surg.*; 9211–5
60. Zhou H-H, Liu Q, Cheng G, Li Z-B (2013) Aetiology, pattern and treatment of mandibular condylar fractures in 549 patients: a 22-year retrospective study. *J Craniomaxillofac Surg.* 41(1): 34–41
61. Neff A, Mühlberger G, Karoglan M, Kolk A, Mittelmeier W, Scheruhn D, Horch H-H, Kock S, Schieferstein H (2004) Stabilität der Osteosynthese bei Gelenkwalzenfrakturen in Klinik und biomechanischer Simulation. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 8(2): 63–74
62. Wassmund M (1927) *Frakturen und Luxationen des Gesichtsschädels unter Berücksichtigung der Komplikationen des Hirnschädels. Ihre Klinik und Therapie.* Meusser; Berlin
63. Neff A, Kolk A, Neff F, Horch H-H (2002) Operative vs. konservative Therapie diakapitulärer und hoher Kollumluxationsfrakturen. Vergleich mit MRT und Achsiographie. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 6(2): 66–73
64. Kortbeek JB, Al Turki SA, Ali J, Antoine JA, Bouillon B, Brasel K, Brenneman F, Brink PR, Brohi K, Burris D, Burton RA, Chapleau W, Cioffi W, Collet e Silva FDS, Cooper A, Cortes JA, Eskesen V, Fildes J, Gautam S, Gruen RL, Gross R, Hansen KS, Henny W, Hollands MJ, Hunt RC, Jover Navalon JM, Kaufmann CR, Knudson P, Koestner A, Kosir R, Larsen CF, Livaudais W, Luchette F, Mao P, McVicker JH, Meredith JW, Mock C,

- Mori ND, Morrow C, Parks SN, Pereira PM, Pogetti RS, Ravn J, Rhee P, Salomone JP, Schipper IB, Schoettker P, Schreiber MA, Smith RS, Svendsen LB, Taha W, van Wijngaarden-Stephens M, Varga E, Voiglio EJ, Williams D, Winchell RJ, Winter R (2008) Advanced trauma life support, 8th edition, the evidence for change. *J Trauma*. 64(6): 1638–50
65. Saigal S, Khan MM (2021) Primary Assessment and Care in Maxillofacial Trauma. In: Bonanthaya K, Panneerselvam E, Manuel S, Vijayakumar V, Rai A, editors. *Oral and maxillofacial surgery for the clinician*. Springer: 983–95
  66. Hausamen J-E (2012) *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: Operationslehre und -atlas*. 4th ed. Springer, Berlin
  67. Kleinheinz J (2009) *Fractures of the mandibular condyle: Basic considerations and treatment*. Quintessence Publ; London
  68. Pasler FA (2017) *Zahnärztliche Radiologie*. Thieme Verlag: ZMK Praxis, 6th ed.
  69. Eckelt U (2000) Gelenkfortsatzfrakturen. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschir.* (4): 110-7
  70. Bonanthaya K, Panneerselvam E, Manuel S, Vijayakumar V, Rai A (2021) *Oral and maxillofacial surgery for the clinician*. 1st ed, Springer, Singapur
  71. Neff A, Cornelius C-P, Rasse M, Torre DD, Audigé L (2014) The Comprehensive AOCMF Classification System: Condylar Process Fractures - Level 3 Tutorial. *Cranio-maxillofacial Trauma & Reconstruction*. 7(1): 44-58
  72. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS, Karam MD, Kellam JF (2018) Fracture and Dislocation Classification Compendium. *J of Orthopaedic Trauma*: 1-170
  73. Schneider M, Eckelt U (2012) Classification of condylar process fractures. In: Eckelt U, Loukota R (eds), *Fractures of the mandibular condyle - Approaches and osteothesis.*; Eberl Medien GmbH & Co.; Chapter 3: 10-15
  74. Wassmund M (1934) *Lehrbuch der praktischen Chirurgie des Mundes und der Kiefer*, Bd. 1. *Dt Zeitschrift f. Chirurgie*. 244(2-3)
  75. Loukota RA, Eckelt U, Bont L de, Rasse M (2005) Subclassification of fractures of the condylar process of the mandible. *Br J of Oral and Maxillofac Surg*. 43(1): 72–3
  76. Spiessl B, Schroll K (eds) (1972) *Spezielle Frakturen- und Luxationslehre: Gesichtsschädel: Ein kurzes Handbuch in fünf Bänden.*; Georg Thieme Verlag (vol. 1); Stuttgart
  77. Neff A, Cornelius C-P, Rasse M, Audigé L (2017) Kiefergelenkfortsatzfrakturen nach der AO-CMF-Trauma-Klassifikation. *MKG-Chirurg.*; 10(2): 113–26
  78. Wassmund M. (1934) *Über Luxationsfrakturen des Kiefergelenkes.*; *Dt Kieferchirurg*
  79. Ellis E, Throckmorton GS (2005) Treatment of mandibular condylar process fractures: biological considerations. *J of Oral and Maxillofac Surg*. 63(1): 115–34
  80. Ellis E (1998) Complications of mandibular condyle fractures. *Int J of Oral and Maxillofac Surg*. 27(4): 255–7
  81. Neff A (2011) Traumatologie des Unterkiefergelenkfortsatzes. *MKG-Chirurg*. 4(3): 229–44
  82. Andersson J, Hallmer F, Eriksson L (2007) Unilateral mandibular condylar fractures: a 31-year follow-up of non-surgical treatment. *Int J of Oral and Maxillofac Surg*. 36(4): 310–4

83. Talwar RM, Ellis E, Throckmorton GS (1998) Adaptations of the masticatory system after bilateral fractures of the mandibular condylar process. *J of Oral and Maxillofac Surg.* 56(4): 430–9
84. Neff A, Kolk A, Horch H-H (2000) Position und Beweglichkeit des Discus articularis nach operativer Versorgung diacapitulärer und hoher Kiefergelenkluxationsfrakturen. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*; 4(2): 111–7
85. Schuchardt M, Wassmund K (1956) Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie: Ein Jahrbuch. Vol II; Georg Thieme Verlag; Stuttgart
86. Otten JE (1981) Modifizierte Methode zur intermaxillären Immobilisation. *Dtsch Zahnarzl Z.* 36(2): 91–2
87. Van den Bergh B, Blankestijn J, van der Ploeg T, Tuinzing DB, Forouzanfar T (2015) Conservative treatment of a mandibular condyle fracture: Comparing intermaxillary fixation with screws or arch bar. A randomised clinical trial. *J Craniomaxillofac Surg.* 43(5): 671–6
88. Andresen V, Häupl K (1945) Funktionskieferorthopädie. Meuser Verlag; Leipzig
89. Reinbacher KE (1969) Traumatologie im Kiefer-Geischtbereich. 4th ed. Johann Ambrosius Barth; Leipzig
90. Throckmorton GS, Ellis E, Hayasaki H (2004) Masticatory motion after surgical or nonsurgical treatment for unilateral fractures of the mandibular condylar process. *J of Oral and Maxillofac Surg.* 62(2): 127–38
91. Worsaae N, Thorn JJ (1994) Surgical versus nonsurgical treatment of unilateral dislocated low subcondylar fractures: a clinical study of 52 cases. *J of Oral and Maxillofac Surg.* 52(4): 353-60
92. Eckelt U, Schneider M, Erasmus F, Gerlach KL, Kuhlisch E, Loukota RA, Rasse M, Schubert J, Terheyden H (2006) Open versus closed treatment of fractures of the mandibular condylar process-a prospective randomized multi-centre study. *J of Cranio-Maxillofac Surg.*; 34(5): 306–14
93. Hlawitschka M, Loukota RA, Eckelt U (2005) Functional and radiological results of open and closed treatment of intracapsular (diacapitular) condylar fractures of the mandible. *International J of Oral and Maxillofac Surg.*; 34(6): 597–604
94. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1977) *Manual der Osteosynthese: AO-Technik*; Springer; Berlin/Heidelberg
95. Spiessl B (1988) *Osteosynthese des Unterkiefers: Manual der AO-Prinzipien.* Springer; Berlin/Heidelberg
96. Neff A, Kolk A, Deppe H, Horch H-H (1999) Neue Aspekte zur Indikation der operativen Versorgung intraartikulärer und hoher Kiefergelenkluxationsfrakturen. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*; 3(1): 24–9
97. Silvennoinen U, Iizuka T, Oikarinen K, Lindqvist C (1994) Analysis of possible factors leading to problems after nonsurgical treatment of condylar fractures. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 52(8):793–9
98. Kolk A, Neff A (2015) Long-term results of ORIF of condylar head fractures of the mandible: A prospective 5-year follow-up study of small-fragment positional-screw osteosynthesis (SFPSO). *J Craniomaxillofac Surg.*; 43(4): 452–61
99. Zide MF (2001) Discussion. *J Oral Maxillofac Surg*; 59(4): 375–6

100. Haug RH, Assael LA (2001) Outcomes of open versus closed treatment of mandibular subcondylar fractures. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 59(4): 370-5
101. Brandt MT, Haug RH (2003) Open versus closed reduction of adult mandibular condyle fractures: a review of the literature regarding the evolution of current thoughts on management. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 61(11): 1324–32
102. Schneider M, Erasmus F, Gerlach KL, Kuhlisch E, Loukota RA, Rasse M, Schubert J, Terheyden H, Eckelt U (2008) Open reduction and internal fixation versus closed treatment and mandibulomaxillary fixation of fractures of the mandibular condylar process: a randomized, prospective, multicenter study with special evaluation of fracture level. *J Oral Maxillofac Surg.*; 66(12): 2537–44
103. Iizuka T, Lädach K, Geering AH, Raveh J (1998) Open reduction without fixation of dislocated condylar process fractures: long-term clinical and radiologic analysis. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 56(5): 553-61
104. Ellis E, Dean J (1993) Rigid fixation of mandibular condyle fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.*; 76(1): 6–15
105. Bhutia O, Kumar L, Jose A, Roychoudhury A, Trikha A (2014) Evaluation of facial nerve following open reduction and internal fixation of subcondylar fracture through retromandibular transparotid approach. *Br J Oral Maxillofac Surg.*; 52(3): 236–40
106. Perthes G. (1924) Über Frakturen und Luxationsfrakturen des Kieferköpfchens und ihre operative Behandlung. *Arch Klin Chir.* (133): 418–33
107. Eckelt U, Rasse M (1995) Clinical, radiographic and axiographic control after traction-screw osteosynthesis of fractures of the mandibular condyle region. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.*; 96(3): 158–65
108. Pau M, Navisany K, Reinbacher KE, Zrnc T, Wallner J, Schwenzer-Zimmerer K (2016) Use of a modified high submandibular approach to treat condylar base fractures: Experience with 44 consecutive cases treated in a single institution. *J Craniomaxillofac Surg.*; 44(10): 1641–5
109. Wilson AW, Ethunandan M, Brennan PA (2005) Transmasseteric antero-parotid approach for open reduction and internal fixation of condylar fractures. *Br J of Oral and Maxillofac Surg.*; 43(1): 57–60
110. Silverman SL (1925) A new operation for displaced fractures at the neck of the mandibular condyle. *Dental Cosmos.*; (67): 876–7
111. Steinhäuser E (1964) Eingriffe am Processus articularis auf dem oralen Weg. *Dtsch Zahnärztl Z.*; (19): 694
112. Pape HD, Hauenstein H, Gerlach KL (1980) Chirurgische Versorgung der Gelenkfortsatzfrakturen mit Miniplatten. *Fortschritte Kiefer- und Gesichtschirurg.*; 81–3
113. Wilde F (2021) Intraoral Endoscopic Approach for Treatment of Condylar Fractures of the Mandible. In: *Oral and Maxillofac Surg for the Clinician*; Springer: 1115–24
114. Haug RH, Brandt MT (2004) Traditional versus endoscope-assisted open reduction with rigid internal fixation (ORIF) of adult mandibular condyle fractures: a review of the literature regarding current thoughts on management. *J of Oral and Maxillofac Surg.*; 62(10): 1272–9

115. Veras RB, Kriwalsky MS, Eckert AW, Schubert J, Maurer P (2007) Long-term outcomes after treatment of condylar fracture by intraoral access: a functional and radiologic assessment. *J of Oral and Maxillofacial Surg.*; 65(8): 1470–6
116. Schneider M, Lauer G, Eckelt U (2007) Surgical treatment of fractures of the mandibular condyle: a comparison of long-term results following different approaches - functional, axiographical, and radiological findings. *J of Cranio-Maxillofacial Surg.*; 35(3): 151–60
117. Bockenheimer P (1920) Eine neue Methode zur Freilegung der Kiefergelenke ohne sichtbare Narben und ohne Verletzung des Nervus facialis; 1560–79.
118. Axhausen F (1931) Die operative Freilegung des Kiefergelenkes. *Chirurg.*; 713–9
119. Reich RH (2000) Konservative und chirurgische Behandlungsmöglichkeiten bei Kiefergelenkerkrankungen. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*: 392-400
120. Reich RH, Bothe KJ (1990) Zur Wahl des Zugangsweges zum Kiefergelenk aus ästhetischer Sicht; 14(1): 67–70
121. Benech A, Arcuri F, Baragiotta N, Nicolotti M, Brucoli M (2011) Retroauricular transmeatal approach to manage mandibular condylar head fractures. *The J of craniofacial surg.*; 22(2): 641–7
122. He D, Yang C, Chen M, Jiang B, Wang B (2009) Intracapsular condylar fracture of the mandible: our classification and open treatment experience. *J Oral Maxillofac Surg.*; 67(8): 1672–9
123. Rasse M, Fialka V, Paternostro T (1993) Modifikationen des Zugangs zum Kiefergelenk und Ramus mandibulae. *Acta Chir Austriaca.*; 25(1): 49–54
124. Hou J, Chen L, Wang T, Jing W, Tang W, Long J, Tian W, Liu L (2014) A new surgical approach to treat medial or low condylar fractures: the minor parotid anterior approach. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.*; 117(3): 283–8
125. Schön R, Gutwald R, Schramm A, Gellrich N-C, Schmelzeisen R (2002) Endoscopy-assisted open treatment of condylar fractures of the mandible: extraoral vs intraoral approach. *Int J of Oral and Maxillofacial Surg.*; 1(3): 237–43
126. Michelet FX, Deymes J, Dessus B (1973) Osteosynthesis with miniaturized screwed plates in maxillo-facial surgery. *J of Maxillofacial Surg.*; 1(2): 79–84
127. Champy M, Wilk A, Schnebelen JM (1975) Die Behandlung der Mandibularfrakturen mittels Osteosynthese ohne intermaxilläre Ruhigstellung nach der Technik von F.X. Michelet. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl.*; 63(4): 339–41
128. Champy M, Lodde JP (1976) Synthèses mandibulaires. Localization des synthèses en fonction des contraintes mandibulaires. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.*; 77(8): 971–6
129. Kumar I, Singh V, Bhagol A, Goel M, Gandhi S (2011) Supplemental maxillomandibular fixation with miniplate osteosynthesis-required or not? *Oral and maxillofacial surg.*; 15(1): 27–30
130. Choi BH, Yi CK, Yoo JH (2001) Clinical evaluation of 3 types of plate osteosynthesis for fixation of condylar neck fractures. *J of Oral and Maxillofacial S.*; 59(7): 734-7
131. Ellis E, Throckmorton GS, Palmieri C (2000) Open treatment of condylar process fractures: assessment of adequacy of repositioning and maintenance of stability. *J of Oral and Maxillofacial Surg.*; 58(1): 27-35

132. Meyer C, Serhir L, Boutemi P (2006) Experimental evaluation of three osteosynthesis devices used for stabilizing condylar fractures of the mandible. *J of Cranio-Maxillofacial Surg.*; 34(3): 173–81
133. Horch H-H (2012) Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. In: *Chirurgie*; Springer; Berlin/Heidelberg; 275–326
134. Eckelt U, Gerber S (1981) Zugschraubenosteosynthese bei Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen mit einem neuartigen Osteosynthesebesteck. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl.*; 69(6): 485–90
135. F. Harle, M. Champy, B. Terry (1999) *Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis: Microplates, Miniplates, and Screws*; Thieme; Stuttgart
136. Eckelt U, Hlawitschka M (1999) Clinical and radiological evaluation following surgical treatment of condylar neck fractures with lag screws. *J of Cranio-Maxillofac Surg.*; 27(4): 235–42
137. Krenkel C (1992) Axial 'anchor' screw (lag screw with biconcave washer) or 'slanted-screw' plate for osteosynthesis of fractures of the mandibular condylar process. *J of Cranio-Maxillofacial Surg.*; 20(8): 348–53
138. Haerle F, Champy M, Terry BC, Reinhardt A (eds) (2009) *Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis*. 2nd ed.; Georg Thieme Verlag; Stuttgart
139. Skroch L, Fischer I, Meisgeier A, Kozolka F, Apitzsch J, Neff A (2020) Condylar remodeling after osteosynthesis of fractures of the condylar head or close to the temporomandibular joint. *J Craniomaxillofac Surg.*; 48(4): 413–20
140. Gerlach KL (2000) Resorbierbare Polymere als Osteosynthesematerialien. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*; 4(1): 91-102
141. Zieliński R, Kozakiewicz M, Świniarski J (2019) Comparison of Titanium and Bioresorbable Plates in "A" Shape Plate Properties-Finite Element Analysis. *Materials*; 12(7); Basel
142. Landes CA, Ballon A (2006) Indications and limitations in resorbable PLA osteosyntheses of displaced mandibular fractures in 4.5-year follow-up. *Plast Reconstr Surg.*; 117(2): 577-89
143. Choi K-Y, Yang J-D, Chung H-Y, Cho B-C (2012) Current Concepts in the Mandibular Condyle Fracture Management Part II: Open Reduction Versus Closed Reduction. *Arch Plast Surg.*; 39(4): 301–8
144. Downie JJ, Devlin MF, Carton ATM, Hislop WS (2009) Prospective study of morbidity associated with open reduction and internal fixation of the fractured condyle by the transparotid approach. *Br J Oral Maxillofac Surg.*; 47(5): 370–3
145. Al-Moraissi EA, Louvrier A, Colletti G, Wolford LM, Biglioli F, Ragaey M, Meyer C, Ellis E (2018) Does the surgical approach for treating mandibular condylar fractures affect the rate of seventh cranial nerve injuries? A systematic review and meta-analysis based on a new classification for surgical approaches. *J Craniomaxillofac Surg.*; 46(3): 398–412
146. Dalla Torre D, Burtscher D, Widmann G, Pichler A, Rasse M, Puelacher W (2015) Surgical treatment of mandibular condyle fractures using the retromandibular anterior transparotid approach and a triangular-positioned double miniplate osteosynthesis

- technique: A clinical and radiological evaluation of 124 fractures. *J Craniomaxillofac Surg.*; 43(6): 944–9
147. Berg T, Jonsson L, Engström M (2004) Agreement between the Sunnybrook, House-Brackmann, and Yanagihara facial nerve grading systems in Bell's palsy. *Otol Neurotol.*; 25(6): 1020–6
  148. House JW, Brackmann DE (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg.*; 93(2): 146–7
  149. House JW (1983) Facial nerve grading systems. *Laryngoscope.*; 93(8): 1056–69
  150. Bouchard C, Perreault M-H (2014) Postoperative complications associated with the retromandibular approach: a retrospective analysis of 118 subcondylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg.*; 72(2): 370–5
  151. Bruneau S, Courvoisier DS, Scolozzi P (2018) Facial Nerve Injury and Other Complications Following Retromandibular Subparotid Approach for the Management of Condylar Fractures. *J Oral Maxillofac Surg.*; 76(4): 812–8
  152. Frey L (1922) Le Syndrome Du Nerf Auriculo-Temporal. *Rev Neurol; Paris*: 97-104
  153. Yamamoto MK, D'Avila RP, Luz JGdC (2013) Evaluation of surgical retreatment of mandibular fractures; (vol. 41)
  154. Hugger A, Lange M, Schindler H-J, Türp JC (2016) Begriffsbestimmungen: Funktionsstörung, Dysfunktion, craniomandibuläre Dysfunktion (CMD), Myoarthropathie des Kausystems (MAP). Dt Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT); Düsseldorf
  155. Kyzas PA, Saeed A, Tabbenor O (2012) The treatment of mandibular condyle fractures: a meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg.*; 40(8): e438-52
  156. Liu Y, Bai N, Song G, Zhang X, Hu J, Zhu S, Luo E (2013) Open versus closed treatment of unilateral moderately displaced mandibular condylar fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.*; 116(2): 169–73
  157. Kommers SC, Boffano P, Forouzanfar T (2015) Consensus or controversy? The classification and treatment decision-making by 491 maxillofacial surgeons from around the world in three cases of a unilateral mandibular condyle fracture. *J Craniomaxillofac Surg.*; 43(10): 1952–60
  158. Chrcanovic BR (2015) Surgical versus non-surgical treatment of mandibular condylar fractures: a meta-analysis. *Int J of Oral and Maxillofac Surg.*; 44(2): 158–79
  159. Neff A, Chossegros C, Blanc J-L, Champsaur P, Cheynet F, Devauchelle B, Eckelt U, Ferri J, Gabrielli MFR, Guyot L, Koppel DA, Meyer C, Müller B, Peltomäki T, Spallaccia F, Varoquaux A, Wilk A, Pitak-Arnop P (2014) Position paper from the IBRA Symposium on Surgery of the Head - the 2nd International Symposium for Condylar Fracture Osteosynthesis. *J Craniomaxillofac Surg.*; 42(7): 1234–49
  160. García-Guerrero I, Ramírez JM, Gómez de Diego R, Martínez-González JM, Poblador MS, Lancho JL (2018) Complications in the treatment of mandibular condylar fractures: Surgical versus conservative treatment. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger: official organ of the Anatomische Gesellschaft*: 21660–8



161. Nys M, van Cleemput T, Dormaar JT, Politis C (2022) Long-term Complications of Isolated and Combined Condylar Fractures: A Retrospective Study. *Craniofacial Trauma & Reconstruction*.; 15(3): 246–52
162. Shi D, Patil PM, Gupta R (2015) Facial nerve injuries associated with the retromandibular transparotid approach for reduction and fixation of mandibular condyle fractures. *J Craniofac Surg*.; 43(3): 402–7
163. Kanno T, Sukegawa S, Tatsumi H, Karino M, Nariai Y, Nakatani E, Furuki Y, Sekine J (2016) Does a Retromandibular Transparotid Approach for the Open Treatment of Condylar Fractures Result in Facial Nerve Injury? *J Oral Maxillofac Surg*.; 74(10): 2019–32
164. Vesnaver A, Gorjanc M, Eberline A, Dovsak DA, Kinsky AA (2005) The periauricular transparotid approach for open reduction and internal fixation of condylar fractures. *J of Craniofac Surg*.; 33(3): 169–79
165. Colletti G, Battista VMA, Allevi F, Giovanditto F, Rabbiosi D, Biglioli F (2014) Extraoral approach to mandibular condylar fractures: our experience with 100 cases. *J Craniofac Surg*.; 42(5): 186–94
166. Kostares E, Kostares M, Kostare G, Kantzanou M (2023) Prevalence of Frey syndrome following extraoral surgical treatment for mandibular fractures: a systematic review and meta-analysis. *F1000Research*.
167. Talmi YP, Finkelstein Y, Zohar Y (1990) Reduction of salivary flow with transdermal scopolamine: a four-year experience. *Otolaryngol Head Neck Surg*.; 103(4): 615–8.
168. Niezen ET, Stuive I, Post WJ, Bos RRM, Dijkstra PU (2015) Recovery of mouth-opening after closed treatment of a fracture of the mandibular condyle: a longitudinal study. *Br J Oral Maxillofac Surg*.; 53(2): 170–5
169. Shiju M, Rastogi S, Gupta P, Kukreja S, Thomas R, Bhugra AK, Parvatha Reddy M, Choudhury R (2015) Fractures of the mandibular condyle- Open versus closed - A treatment dilemma. *J Craniofac Surg*.; 43(4): 448–51
170. Throckmorton GS, Ellis E. Recovery of mandibular motion after closed and open treatment of unilateral mandibular condylar process fractures. *Int J of Oral and Maxillofacial Surg*.; 29(6): 421–7
171. Palmieri C, Ellis E, Throckmorton GS (1999) Mandibular motion after closed and open treatment of unilateral mandibular condylar process fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surg*.; 57(7): 764–76
172. Zhou H-H, Lv K, Yang R-T, Li Z, Yang X-W, Li Z-B (2018) Clinical, retrospective case-control study on the mechanics of obstacle in mouth opening and malocclusion in patients with maxillofacial fractures. *Sci Rep*.; 8(1): 7724

## 8. Anhang

### 8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: anterolaterale Ansicht des mandibulären R. ascendens nach Waldeyer (14) .....	2
Abbildung 2: Dislokationsformen der Mandibula bei Fraktur nach Schwenger (53) .....	9
Abbildung 3: Axial rekonstruiertes DVT einer hohen Kondylusfraktur rechts, Typ V nach Spiessl und Schroll entsprechend (DVT-Aufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2019).....	12
Abbildung 4: präoperatives OPT, unilaterale Kondylusfraktur links, ohne wesentliche Dislokation, Typ I nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2017).....	16
Abbildung 5: präoperatives OPG, unilaterale Kondylusfraktur rechts, tief, mit Dislokation, Typ II nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2018).....	16
Abbildung 6: Präoperatives OPT, unilaterale Kondylusfraktur rechts, hoch, mit Dislokation, Typ III nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2019).....	17
Abbildung 7: Präoperatives OPT, unilaterale Kondylusfraktur rechts, tief, mit Luxation, Typ IV nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2017).....	17
Abbildung 8: Präoperatives OPT, unilaterale Kondylusfraktur rechts, hoch, mit Luxation, Typ V nach Spiessl und Schroll entsprechend (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2017).....	18
Abbildung 9: Subklassifikation nach Loukota, mandibuläre Kondylusbasisfraktur (li) und mandibuläre Kondylushalsfraktur (re) (75).....	18
Abbildung 10: Laterale (li.) und posteriore (re.) Ansicht auf mandibulären Kondylusfortsatz mit anatomischen Landmarken und Referenzlinien nach AOCMF-Klassifikation (71) .....	19
Abbildung 11: Retromandibulärer Zugang, Inzision der Faszia parotidea (Mitte) und speicheldichter Verschluss (re) nach Reposition und Osteosynthese einer Collumfraktur (Aufnahme: M. Maurer, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg) .....	27
Abbildung 12: Postoperative Kontrollaufnahme (Clementsitsch-Aufnahme) nach Osteosynthese einer Kollumfraktur links und Osteosynthese der paramedianen Korpusfraktur rechts (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2019).....	33
Abbildung 13: Postoperatives Orthopantogramm (OPT) nach Osteosynthese mittels 3- und 4-Loch-Miniplatten bei Kondylusfraktur links (Röntgenaufnahme der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg, 2023).....	34
Abbildung 14: Intraoperatives Neuromonitoring N. facialis (Aufnahme: M. Maurer, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Regensburg).....	37
Abbildung 15: Frakturverteilung im gesamten Studienkollektiv nach Spiessl und Schroll-Klassifikation .....	45
Abbildung 16: Diagramm zur Verteilung der mandibulären Begleitfrakturen im Studienkollektiv .....	48
Abbildung 17: Diagramm zur Verteilung der begleitenden Mittelgesichtsfrakturen im Studienkollektiv .....	48

## 8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation nach Wassmund (62).....	14
Tabelle 2: modifizierte Klassifikation nach Wassmund (78) .....	14
Tabelle 3: Klassifikation nach Köhler (58) .....	15
Tabelle 4: Klassifikation nach Spiessl und Schroll (76).....	15
Tabelle 5: Klassifikation der peripheren Fazialispareesen nach House-Brackmann (148,149).....	39
Tabelle 6: Quantitative Verteilung der mandibulären Begleitfrakturen im Gesamtkollektiv .....	46
Tabelle 7: Quantitative Verteilung der mandibulären Begleitfrakturen .....	47
Tabelle 8: Quantitative Verteilung der Kohorten interne Osteosynthese & konservative Behandlung	50
Tabelle 9: Quantitative Verteilung der postoperativen Okklusionsstörungen.....	52
Tabelle 10: Quantitative Verteilung Fazialispareesen.....	55
Tabelle 11: Quantitative Verteilung Gl. parotis assoziierter Komplikationen .....	56
Tabelle 12: Quantitative Verteilung der Mundöffnungseinschränkungen .....	58

### 8.3. Votum der Ethikkommission



Universität Regensburg

Ethikkommission · Universität Regensburg · 93040 Regensburg

Universitätsklinikum Regensburg  
Dr. med. Dr. med. dent. Michael Maurer  
Franz-Josef-Strauß-Allee 11  
93053 Regensburg

16.09.2020

#### Ethikkommission bei der Universität Regensburg

Prof. Edward K. Geissler, PhD, Vorsitzender

Dr. iur. Frederike Seitz, M.A., Geschäftsführerin

**Geschäftsstelle:**

Telefon +49 941 943-5370

Telefax +49 941 943-5369

Postanschrift:

Universität Regensburg

ETHIKKOMMISSION

D-93040 Regensburg

[ethikkommission@ur.de](mailto:ethikkommission@ur.de)

<http://ethikkommission.uni-regensburg.de>

Unser Zeichen: 20-2014-104

#### **Consultation in accordance with § 15 para. 1 of the professional code of conduct for doctors in Bavaria**

For the retrospective research project:

##### **Outcome nach chirurgischer Versorgung von Gelenkhalsfrakturen des Unterkiefers**

Applicant:	Dr. med. Dr. med. dent. Michael Maurer
Institution:	Universitätsklinikum Regensburg, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

In its meeting of 16.09.2020, the ethics committee at the University of Regensburg conducted a consultation in accordance with § 15 of the professional code of conduct for physicians in Bavaria. After a cursory factual and legal examination as well as a risk-benefit assessment,

**there are no professional ethical or legal objections to the implementation of this  
research project.**

The decision was based on the application form with a short textual project description, received on 18.08.2020.

##### **General notes:**

1. The medical and legal responsibility for the implementation of this research project as well as the accuracy of the information provided in this advisory procedure remains with the researcher(s) concerned, advised by the Commission. Attention is drawn to the obligation to independently comply with relevant laws and regulations.
2. The work of the Ethics Committee at the University of Regensburg is carried out in compliance with the applicable laws, regulations and the GCP/ICH guidelines in their currently valid version. Participants in the study did not participate in the decision.
3. According to the applicant, the research project will not entail medicinal products and/or medical devices, radiation, study-related contact with patients or test persons, access by external

persons to source data, data collection outside the researcher's own institution, clinical interventions on patients and/or test persons, data collection that goes beyond the evaluation of the medical file and its attachments, external project partners, contract research relationship or use of body materials. Direct consequences from the results for specific patients are not expected by the applicant. The research project is purely retrospectively. Therefore the decision process followed the simplified procedure.

4. Attention is drawn to the fact that no subsequent changes will be processed under the simplified procedure. It may be necessary to submit a new application. No subsequent confirmations or copies of this letter can be made. This original letter must therefore be kept with particular care.

5. This consultation is free of charge.

With kind regards



Prof. Edward K. Geissler, PhD  
Vorsitzender

## **9. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich im Besonderen bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Dr. Tobias Ettl, für die Überlassung des Themas, die ausgezeichnete Betreuung und Konzeption der wissenschaftlichen Arbeit, sowie das fortwährende Vertrauen bedanken. Nicht zuletzt hat mich seine Person und inspirierende Art ermutigt und persönlich geprägt.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Dr. Dr. Michael Maurer, für die fortwährende und engagierte Unterstützung, die mannigfache Hilfestellung und den außerordentlichen Zeitaufwand.

Weiterhin ein großes Dankeschön an die engen weg begleitenden Personen, die mich in den letzten Jahren getragen haben und an meine Familie, ohne deren große Unterstützung mein Studium nicht möglich wäre. Nicht vergessen möchte ich, an dieser Stelle Frau Hachmüller namentlich zu nennen und mich, für die Selbstverständlichkeit und Kraft, mit der sie ihre uneingeschränkte Energie in unzählige Gespräche, Ermutigungen und formell in die sprachliche Korrektur dieser Arbeit investiert hat, zu bedanken.

## **10. Erklärung nach § 6 Abs. 5 Nr. 2 der Promotionsordnung**

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberatern oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für die Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.