

Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. N. R. Kübler

**Vergleich verschiedener therapeutischer Verfahren  
bei Kiefergelenkfortsatzfrakturen**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Tim Rüggeberg

2012

---

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. J. Windolf

Referent: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Handschel

Korreferent: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. G. Giers



Für Anno und Caspar

---

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Handschel J, Rüggeberg T, Depprich R, Schwarz F, Meyer U, Kübler NR, Naujoks C. "Comparison of various approaches for the treatment of fractures of the mandibular condylar process", *J Craniomaxillofac Surg.* 2012 Mar 21. [Epub ahead of print]

---

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
1 Einleitung.....	1
1.1 Ätiologie und Epidemiologie der Untergelenkfortsatzfrakturen .....	1
1.2 Anatomische Grundlagen.....	3
1.2.1 Anatomie des Unterkiefers .....	3
1.2.2 Anatomie des Kiefergelenks .....	5
1.3 Biomechanik der Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen.....	7
1.4 Einteilung der Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen.....	11
1.5 Diagnostik der Gelenkfortsatzfrakturen des Unterkiefers .....	18
1.5.1 Klinische Diagnostik .....	18
1.5.2 Radiologische Diagnostik .....	19
1.6 Therapeutisches Behandlungsspektrum .....	23
1.6.1 Konservative Verfahren .....	25
1.6.2 Operative Verfahren .....	27
1.6.2.1 Submandibulärer Zugang .....	32
1.6.2.2 Periangulärer Zugang .....	33
1.6.2.3 Retromandibulärer Zugang.....	35
1.6.2.4 Präaurikulärer und aurikulärer Zugang .....	36
1.6.2.5 Retroaurikulärer Zugang.....	38
1.6.2.6 Intraoraler/ enoraler Zugang .....	39
1.6.2.7 Endoskopisch assistierte operative Verfahren .....	40
1.7 Gelenkfortsatzfrakturen im Kindesalter .....	41
1.8 Zielsetzung.....	42
2 Material und Methode.....	44
2.1 Einschlusskriterien .....	44
2.2 Patientengut.....	44
2.3 Datenerfassung.....	45
2.4 Untersuchungen.....	45
2.4.1 Klinische Nachuntersuchung .....	46
2.4.2 Funktionsanalyse nach Helkimo .....	47
2.4.3 Radiologische Untersuchung.....	47
2.5 Statistische Auswertungen.....	49

---

2.6	Ethikantrag .....	49
3	Ergebnisse .....	50
3.1	Statistische Auswertung der klinischen Nachuntersuchung .....	59
3.2	Auswertung der klinischen Funktionsprüfung .....	60
4	Diskussion .....	66
5	Zusammenfassung .....	79
6	Literaturverzeichnis .....	81
7	Anhang .....	92
7.1	Befundblatt I (Funktionsdiagnostik) .....	92
7.2	Befundblatt II (prä-/postoperativer Befund).....	94
7.3	Anschreiben .....	96
8	Danksagung .....	97
9	Lebenslauf.....	98

---

## Abkürzungsverzeichnis

<b>A.</b>	Arteria
<b>AB</b>	Antibiotika
<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>AO</b>	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
<b>CR</b>	Closed reduction
<b>CRIF</b>	Closed reduction internal fixation
<b>CRMMF</b>	Closed reduction mandibulomaxillary fixation
<b>CT</b>	Computertomographie
<b>DC/ DCP</b>	Dynamische Kompressionsplatte
<b>DICOM</b>	Digital Imaging and Communications in Medicine
<b>DKS</b>	Drahtbogenkunststoffschiene nach Schuchhardt
<b>DVT</b>	Digitale Volumetomographie
<b>EN</b>	Enoraler Zugang
<b>eo</b>	extraoral
<b>IMF</b>	Intermaxilläre Fixierung
<b>IO</b>	Intraoraler Zugang
<b>io</b>	intraoral
<b>KG</b>	Kiefergelenk
<b>KW</b>	Kieferwinkel
<b>KT</b>	Konservative Therapie
<b>LF-Dreher</b>	Luhr-Fritzemeier-Winkelschraubendreher
<b>Li.</b>	Links
<b>m</b>	männlich
<b>M.</b>	Musculus
<b>ME</b>	Materialentfernung
<b>MMF</b>	Mandibulo-Maxilläre-Fixierung
<b>MÖ</b>	Mundöffnung
<b>MRI/MRT</b>	Magnetresonanztomographie

---

<b>N.</b>	Nervus
<b>NNH</b>	Nasennebenhölen Röntgen
<b>OPTG/OPG</b>	Orthopantomographie
<b>OSM</b>	Osteosynthesematerial
<b>OK</b>	Oberkiefer
<b>ORIF</b>	Open reduction internal fixation
<b>PA</b>	Präaurikulärer Zugang
<b>p.a.</b>	posterior anterior
<b>PFN</b>	Proximaler-Femur-Nagel
<b>Re.</b>	Rechts
<b>RM</b>	Retromandibulärer Zugang
<b>R.</b>	Ramus
<b>SKD</b>	Schneidekantendistanz
<b>SORG</b>	Strasbourg Osteosynthesis Research Group
<b>SPA 15°</b>	Schädel posterior-anterior 15°
<b>SM</b>	Submandibulärer Zugang
<b>TMJ</b>	Temporomandibular Joint
<b>UK</b>	Unterkiefer
<b>UHN</b>	Unaufgebohrter-Humerus-Nagel
<b>V.</b>	Vena
<b>VU</b>	Verkehrsunfall
<b>WKK</b>	Westdeutsche Kieferklinik
<b>w</b>	weiblich
<b>ZF</b>	Zahnfilm
<b>#</b>	Fraktur

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Typische Lokalisationen der Unterkieferfrakturen nach Austermann (Austermann, 2002). (Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Thieme Verlag KG).....	1
Abbildung 2: Unterkieferseitansicht nach Sobotta (Sobotta, 2000). (Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH).....	4
Abbildung 3: Kraftlinien (Trajektorien) des Unterkiefers (Howaldt and Schmelzeisen, 2002) (Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH).....	5
Abbildung 4: Kompartimente des Kiefergelenkes (Privatbild, Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. J.K. Mai, Institut für Anatomie I, Heinrich Heine Universität, Düsseldorf) .....	6
Abbildung 5: Anatomische Darstellung der Kaumuskulatur (Gray, 1918).....	7
Abbildung 6: Anatomie des Kiefergelenkes, modifiziert nach Bumann und Lotzmann (Bumann and Lotzmann, 2000) (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Dr. med. dent. C.L. Schwarzer. Ursprüngliche Quelle: Quantitative Analyse des Ursprunges sympathischer und sensibler Innervation des Kiefergelenkes der Ratte. Med Diss, Kiel 1993) .....	11
Abbildung 7: Illustration der Klassifikation von Gelenkfortsatzfrakturen nach Spiessl und Schroll (Spiessl and Schroll, 1972) (Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Thieme Verlag KG).....	15
Abbildung 8: Subklassifikation der Gelenkwalzenfraktur (Neff <i>et al.</i> , 2004). (Darstellung mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Dr. A. Neff, Direktor der Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinik Marburg) .....	16
Abbildung 9: Ergänzung der Subklassifikation der Gelenkwalzenfrakturen nach Hlawitschka und Eckelt (Hlawitschka and Eckelt, 2002b; Loukota <i>et al.</i> , 2005).....	16
Abbildung 10: Einteilung der Gelenkhalsfrakturen (modifizierte Darstellung) Typ 1-3 (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. R. Loukota, Leeds, GB) (Loukota <i>et al.</i> , 2005) .....	17
Abbildung 11: Seitverschiebung bei einseitigem Bruch, Frontal offener Biss bei beidseitigem Bruch (Horch and Herzog, 1997) (Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH) .....	19
Abbildung 12: Orthopantomogramm (OPTG) mit rechtsseitiger Gelenkhalsbasisfraktur und linksseitiger Kieferwinkelfraktur (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2011) .....	20
Abbildung 13: Clementschitsch-Aufnahme (SPA 15°) mit rechtsseitiger, dislozierter Gelenkhalsfraktur und Kieferwinkelfraktur links (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2011) .....	20
Abbildung 14: Coronar rekonstruiertes CT einer Gelenkhalsbasisfraktur (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010).....	21
Abbildung 15: 3D-Rekonstruktions-CT einer Gelenkhalsbasisfraktur (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010). 22	

---

Abbildung 16: Submandibulärer Zugang (Härle, 1999). (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. (emer.) Dr. Dr. F. Härle, Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinikum Kiel).....	33
Abbildung 17: Periangulärer Zugang (Härle, 1999). (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. (emer.) Dr. Dr. F. Härle, Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinikum Kiel).....	35
Abbildung 18: Retromandibulärer Zugang (Links: Privatbild, Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. R. Loukota (Leeds, GB). Mitte und rechts: Archivbilder der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf) .....	36
Abbildung 19: Bild 1: Sensorische Innervationsfelder der Ohrmuschel nach Cushing (Rasse et al., 1993). Bild 2: Arterielle Versorgung des Ohres (Rasse <i>et al.</i> , 1993). (Abbildungen mit freundlicher Genehmigung der Springer Science und Business Media) .....	37
Abbildung 20: Aurikulärer Zugang und Reposition des Kapitulums (schematisch und in vivo) in der Variation nach Rasse (Rasse <i>et al.</i> , 1993). (Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Springer Science und Business Media) ...	38
Abbildung 21: Retroaurikulärer Zugang (Bild oben links sowie unten rechts: Darstellung mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Dr. A. Neff, Direktor der Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinik Marburg. Alle weiteren Bilder: (Kleinheinz <i>et al.</i> , 2009). Mit freundlicher Genehmigung des Quintessenz Verlags, Berlin) ..	39
Abbildung 22: Winkel und Strecken zum Durchmessen von OPTG und Clementschitsch Aufnahmen (Lindqvist and Iizuka, 1999). (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. (emer.) Dr. Dr. F. Härle, Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinikum Kiel).....	48
Abbildung 23: Frakturverteilung im Gesamtkollektiv nach Spiessl und Schroll .....	50
Abbildung 24: Ursachenverteilung der Unterkiefergelenkfortsatz im Patientengut der WKK.....	51
Abbildung 25: Diagramm zur geschlechtsspezifischen Verteilung der Frakturursachen.....	52
Abbildung 26: OPTG mit der Komplikation einer Plattenfraktur nach Osteosyntheseverfahren mit einer Unterkieferfrakturenplatte der Firma Stryker (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010).....	56
Abbildung 27: OPTG mit der Komplikation einer Osteosynthesemateriallockerung (2mm TriLock® Platte, Fa. Medartis) (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010).....	56
Abbildung 28: SPA 15% Komplikation der Osteosynthesematerial-Lockerung (2mm TriLock® Platte, Fa. Medartis) (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010) .....	57

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung nach Wassmund (Wassmund, 1927) .....	12
Tabelle 2: modifizierte Einteilung nach Wassmund (Wassmund, 1934) .....	12
Tabelle 3: Einteilung nach Köhler (Köhler, 1951) .....	13
Tabelle 4: Kiefergelenkfraktureinteilungen chronologisch .....	14
Tabelle 5: Einteilung nach Spiessl und Schroll (Spiessl and Schroll, 1972) .....	14
Tabelle 6: Einteilung nach Loukota et al (Loukota <i>et al.</i> , 2005) .....	17
Tabelle 7: Diversifikation der Zugangsarten auf die unterschiedlichen Frakturtypen in Anlehnung an Spiessl und Schroll. ....	53
Tabelle 8: Modifizierte Einteilung nach Spiessl und Schroll.....	54
Tabelle 9: Verteilung der unterschiedlichen Verfahren auf die modifizierten Spiessl.....	54
Tabelle 10: Verteilung der Plattensysteme und deren Komplikationen.....	55
Tabelle 11: Komplikationen in Abhängigkeit vom operativen Verfahren.....	57
Tabelle 12: Funktionelles Ergebnis in Anhängigkeit von der Diagnosegruppe. ....	61
Tabelle 13: Funktionelle Ergebnisse in Anhängigkeit von der Fraktur- (Spiessl I-VI) und Versorgungsart.....	64
Tabelle 14: Funktionelles Ergebnis in Bezug auf die manibulo-maxilläre-Fixierungsart (MMF).....	65

# 1 Einleitung

## 1.1 Ätiologie und Epidemiologie der Untergelenkfortsatzfrakturen

Frakturen der Mandibula stellen eine der häufigsten Verletzungen des Gesichtsschädels dar. Der Unterkiefer hat je nach Autor einen Anteil von 13% (Hussain *et al.*, 1994) bis 65-75% (Becker and Austermann, 1990) an allen craniofazialen Frakturen. Ist der Unterkiefer von einer Fraktur betroffen, so frakturiert laut Depprich *et al.* in 25% der Fälle der Processus condylaris mandibulae (Vgl. Abb. 1) (Depprich *et al.*, 2007). Andere Autoren geben gar eine Frakturwahrscheinlichkeit von 40 % an (Haug and Assael, 2001).

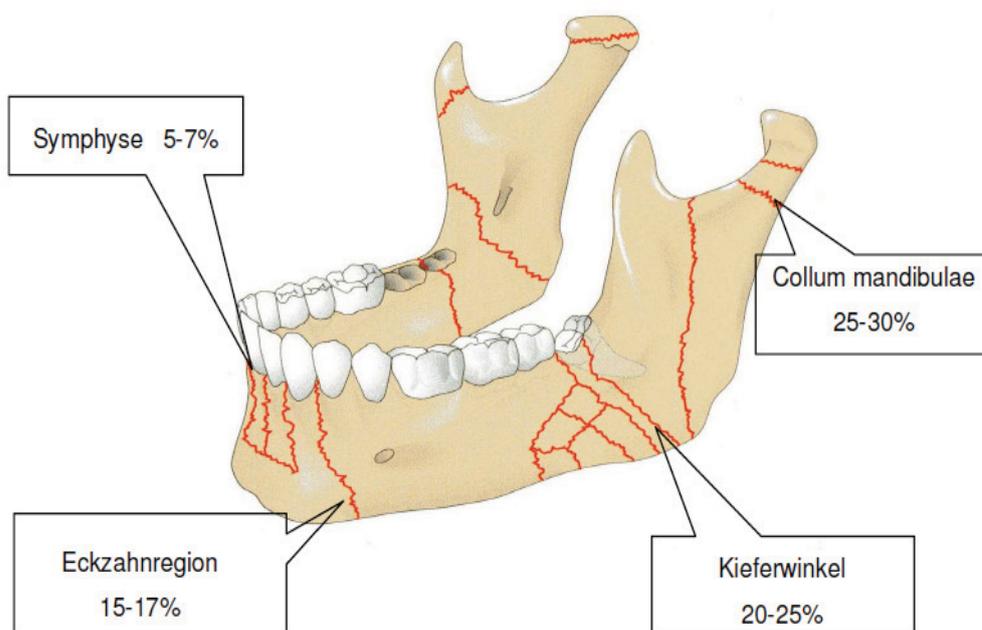


Abbildung 1: Typische Lokalisationen der Unterkieferfrakturen in Anlehnung an Austermann (Austermann, 2002)

Die Geschlechterverteilung betrachtend scheint eine gewisse Männerwendigkeit bezüglich der Frakturhäufigkeit vorzuliegen. Studienübergreifend wird das Verhältnis von Männern zu Frauen in der Literatur mit 3 zu 1 angegeben (Depprich *et al.*, 2007; Lindahl, 1977; Sawazaki *et al.*, 2010; Silvennoinen *et al.*, 1992). Lediglich Marker et

---

al (Marker *et al.*, 2000) fanden eine Geschlechterverteilung von 2 zu 1 (männlich vs. weiblich) in ihrem Untersuchungsgut.

Bezüglich der Altersverteilung kolportierten Silvennoinen und Mitarbeiter (Silvennoinen *et al.*, 1992) wie auch Marker (Marker *et al.*, 2000) eine Häufung der Kollumfrakturen um die 2. und 3. Lebensdekade (Silvennoinen *et al.*, 1992). Diese geringe Variationsbreite in Bezug auf das Patientenalter deckt sich mit den Studien von Depprich (Depprich *et al.*, 2007) sowie Sawazaki (Sawazaki *et al.*, 2010). Ein ähnliches Altersverteilungsmuster beschrieb Marker (Marker *et al.*, 2000) in seinen Studien, der eine Häufung der Kollumfrakturen bei Männern um das 29. und bei Frauen um das 35. Lebensjahr feststellte.

Historisch betrachtet waren zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Kiefergelenkfrakturen schwierig zu diagnostizieren und häufig Zufallsbefunde. Mit Zunahme der Industrialisierung und im Rahmen der europäischen Kriegsgeschehnisse kam es jedoch zu einem Anstieg solch schwerer Verletzungen, woraus auch ein zunehmendes Interesse des kieferchirurgischen Fachgebietes an dieser Erkrankung erwuchs. Infolge der stetigen Steigerung der Straßenverkehrsdichte sowie einem geänderten Freizeitverhalten Rechnung tragend, ist heutzutage eine Zunahme dieser Erkrankungen zu verzeichnen (Gassner *et al.*, 1999; Hlawitschka and Eckelt, 2002b; Maladiere *et al.*, 2001). Hauptursächlich für Unterkieferfrakturen sind Rohheitsdelikte, gefolgt von Sturzereignissen und Verkehrsunfällen (Allan and Daly, 1990; Furr *et al.*, 2006; Silvennoinen *et al.*, 1992; Stacey *et al.*, 2006). Neben Gewalttätigkeiten sind Sportverletzungen zunehmend verantwortlich für diese Form der Gesichtsschädelverletzungen (Emshoff *et al.*, 1997). Gassner sowie Maladiere (Gassner *et al.*, 1999; Maladiere *et al.*, 2001) würdigten die Sportverletzungen wissenschaftlich selektiv und fanden dabei heraus,

---

dass gerade Fahrradfahren, Inlineskating sowie Alpinsport in besonderem Maße unfallträchtige Freizeitaktivitäten darstellen.

Interessanterweise treten bei Unterkieferbrüchen bestimmte Verletzungsmuster geschlechtsspezifisch gehäuft auf. So sind laut Literatur überwiegend Männern von Gewaltdelikten betroffen, wohingegen bei Frauen vornehmlich Stürze zu Frakturen des Unterkiefers führen (Marker *et al.*, 2000).

## **1.2 Anatomische Grundlagen**

### **1.2.1 Anatomie des Unterkiefers**

Der Unterkiefer ist ektodermalen Ursprungs und entsteht entwicklungsgeschichtlich in der 5.-6. Schwangerschaftswoche aus dem 1. ultimobranchialen Bogen. Die Mandibula ist zunächst nur knorpelig angelegt und ossifiziert erst sekundär desmal (Sperber, 1992). Der Unterkiefer besteht beidseits aus je einem horizontalen Anteil, dem Corpus mandibulae, die anterior als Symphyse verbunden sind. Der Unterkiefercorpus bildet in seinem coronaren Anteil die zahntragende Pars alveolaris. Die Pars alveolaris wiederum besteht aus den Alveolen (Alveoli dentales), den sogenannten Zahnfächern, in welchen die Zähne ligamentär über das Desmodont im Knochen verankert sind. Weiter dorsal geht der Unterkiefer im Kieferwinkelbereich, dem Angulus mandibulae, in den ascendierenden Ramus mandibulae über. Dessen bifides Ende bildet zum einen den gelenktragenden Anteil als Processus condylaris mandibulae sowie nach anterior den Processus coronoideus bzw. muscularis. Zwischen beiden Fortsätzen liegt eine Einziehung, die als Incisura mandibulae bezeichnet wird. Der Processus condylaris verjüngt sich zunächst zum Gelenkhals (Collum mandibulae), und bildet an seinem mit Faserknorpel überzogenen Ende das aufgetriebene, walzenartige und artikulierende Caput mandibulae (Vgl. Abb. 2)

(Feneis, 1993). Die durchschnittliche Gelenkfortsatzhöhe beträgt 22 mm (Härle, 1980) wobei die Höhe vom tiefsten Punkt der Incisura bis zum höchsten Punkt des Caput mandibulae gemessen wird (Silvennoinen et al., 1992).

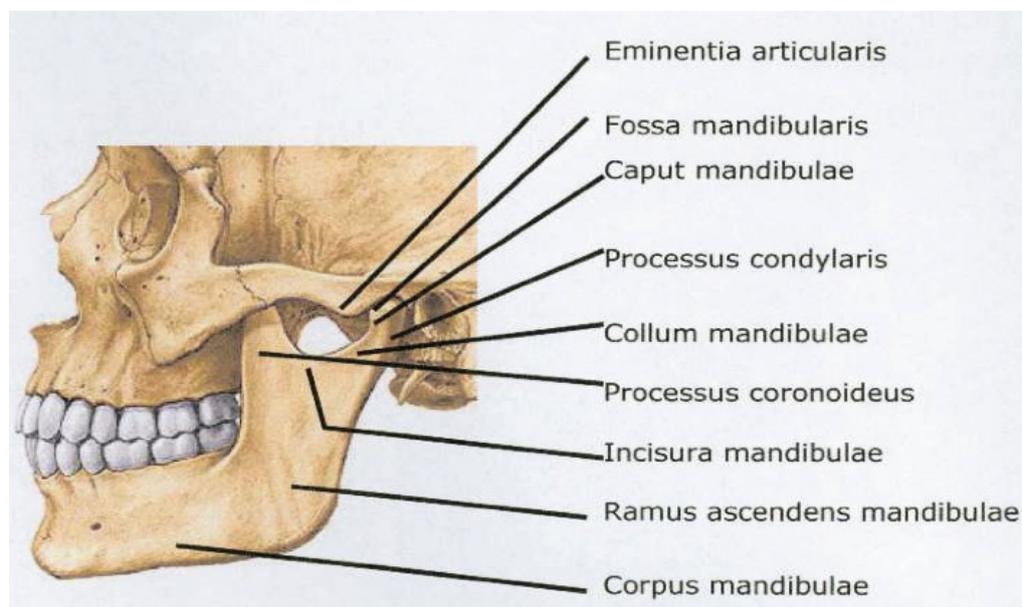


Abbildung 2: Unterkieferseitansicht nach Sobotta (Sobotta, 2000)

Der Unterkiefer selbst besteht aus einer stark mineralisierten Innen- und Außenkortikalis, die aufgrund ihrer höheren ossären Dichte auch als Kompakta bezeichnet wird. Im Inneren findet sich die deutlich lockerer gepackte und reich vaskularisierte Spongiosa. Die Spongiosabälkchen sind entsprechend dem Verlauf der Hauptbelastungsbahnen (Zug- und Drucklinien) in sogenannten Trajektorien ausgerichtet (Vgl. Abb. 3).

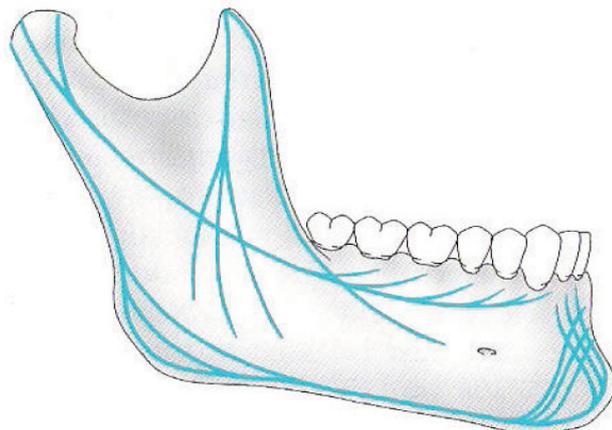


Abbildung 3: Kraftlinien (Trajektorien) des Unterkiefers (Howaldt and Schmelzeisen, 2002)

Wie auch andernorts im Körper wird der Unterkieferknochen von einer die Kortikalis nutrifizierenden Knochenhaut überzogen. Diese als Periost bezeichnete Struktur ist reichhaltig sensibel innerviert. Im Inneren des Unterkiefers verläuft der Nervus alveolaris inferior, der 3. Ast des Nervus trigeminus. Am Foramen mentale, in der Region des 1. und 2. Prämolaren, tritt dessen Endast als Nervus mentalis aus. Der Nervus alveolaris gibt in seinem Verlauf im Canalis mandibulae die Rami dentales ab, welche die Zähne sensibel innervieren. Der paarig angelegte N. mentalis ist verantwortlich für die sensible Innervation der Lippen- und Kinnregion im Bereich des Mundwinkels.

### 1.2.2 Anatomie des Kiefergelenks

Das Temporomandibulargelenk (TMJ; temporomandibular joint) ist die gelenkige Verbindung des Unterkiefers mit dem übrigen Vizerocranium. Das Gelenk wird aus dem Processus condylaris mandibulae und der Fossa mandibulare der Pars squamosa ossis temporale gebildet (Vgl. Abb. 2) (Piette, 1993; Schumacher, 1991). Ferner ist es von einer relativ weiten und schlaffen Bindegewebskapsel, der sogenannten Gelenkkapsel (Capsula articularis) umgeben (Vgl. Abb. 4 + 6) (Rasse et al., 1993). Beim Temporomandibulargelenk handelt es sich um ein Gleit- und

Scharniergelenk (Platzer, 1991; Talwar et al., 1998) Das Gelenk wird durch einen Discus articularis (Zwischengelenkscheibe) in zwei Kompartimente unterteilt, wobei es bei der aktiven Mundöffnung im unteren Kompartiment zu einer Drehbewegung (Scharniergelenk) und im oberen Kompartiment zu einer Schiebe- bzw. Gleitbewegung (Gleitgelenk) kommt (Vgl. Abb. 4 + 6).

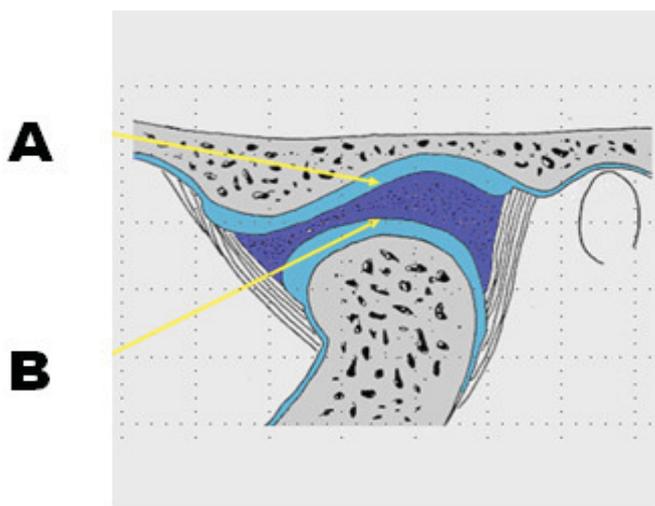


Abbildung 4: Kompartimente des Kiefergelenkes: A) oberes Kompartiment = discotemporal Gelenk zwischen Pars squamosa ossis temporalis und Discus articularis; vorwiegend Gleitbewegung B) unteres Kompartiment = discomandibular Gelenk zwischen Discus articularis und Caput mandibulae; vorwiegend Drehbewegung. (Privatbild, Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. J.K. Mai, Institut für Anatomie I, Heinrich Heine Universität, Düsseldorf)

Die Mahlbewegung entspricht einer Kombination aus Translations- und Schiebewegung. Die beiden artikulierenden Gelenkflächen sind keinesfalls kongruent. Der Discus articularis fungiert nicht nur als Druckverteiler und Absorber, sondern er vermag auch höhergradige Inkongruenzen der korrespondierenden Gelenkflächen auszugleichen. Nicht unerwähnt sei in diesem Zusammenhang auch die funktionelle und protektive Wirkung der Synovialflüssigkeit (Synovia) (Nozawa-Inoue *et al.*, 2003). Sie trägt neben der Ernährung ebenfalls erheblich zur Reduktion der Abrasion bei. Die relativ große physiologische Oberflächendifferenz zwischen Gelenkfortsatz und Gelenkpfanne garantiert ein hohes Maß an Mobilität und ermöglicht somit erst das große Ausmaß an Bewegungen (Koolstra, 2002). Die große Variationsbreite an Bewegungen des Kiefers wird u.a. erst durch das

Zusammenspiel der verschiedenen mastikatorischen Muskeln ermöglicht. Neben der großen Bedeutung für eine ungestörte Kieferbewegung stabilisiert die Kaumuskulatur das Kiefergelenk. Die Kaumuskulatur besteht aus Musculus pterygoideus medialis und lateralis, Musculus temporalis und Musculus masseter (Vgl. Abb. 5).

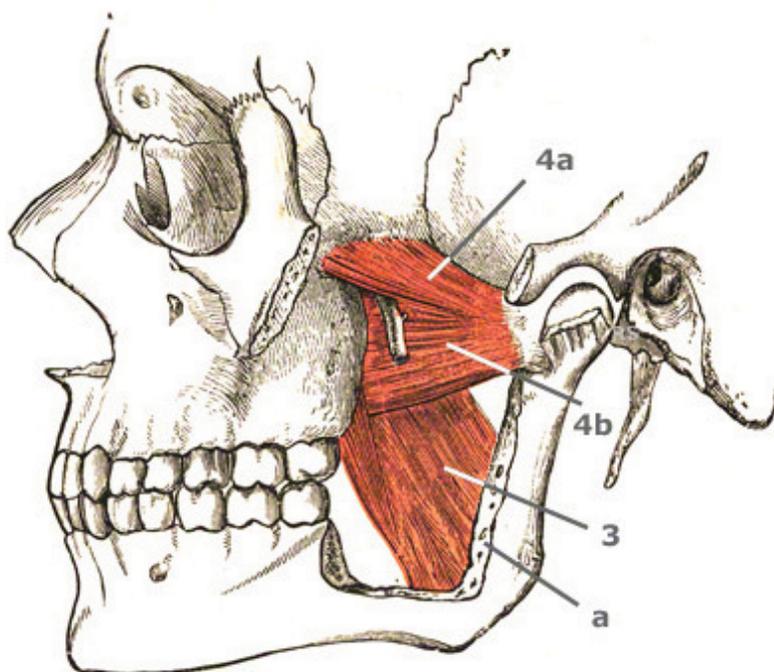


Abbildung 5: Anatomische Darstellung der Kaumuskulatur (4= M. pterygoideus lateralis, 3= M. pterygoideus medialis), nach Fensterung der Mandibula und Entfernung des M. temporalis und M. masseter (Gray, 1918)

### 1.3 Biomechanik der Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen

Das Kiefergelenk ist durch seine anatomische Lage unter dem Jochbogen vor direkter Gewalteinwirkung relativ gut geschützt. Dennoch ist der Unterkiefer aufgrund seiner exponierten Lage häufig Einwirkung von externen Kräften ausgesetzt. Es handelt sich bei den Collumfrakturen in der Regel um indirekte Frakturen, da die zum Bruch führenden Kräfte fortgeleitet werden und nicht direkt auf die Frakturregion einwirken. Durch eine parabel- beziehungsweise spangenförmige Konfiguration ist der Unterkiefer biomechanisch in der Lage, einwirkende Kräfte in gewissen Grenzen durch Verformung beziehungsweise Torsion zu absorbieren. Überproportional große,

---

sich nicht erschöpfende Kräfte führen jedoch unweigerlich zur Fraktur des Unterkiefers. Zum Schutz des Gehirnes vor höhergradigen Verletzungen stellt der Kiefergelenkfortsatz einen Locus minor resistantiae dar und ist somit quasi eine Prädilektionsstelle für Frakturen (Hirschfelder et al., 1987; Horch and Herzog, 1997; Wassmund, 1934).

Kräfte, die zentral im Kinnbereich auf den Unterkiefer auftreffen, werden über die aufsteigenden Unterkieferäste in die Kiefergelenke fortgeleitet. Die Gelenkwalzen schlagen hierbei gegen die dorsokraniale Begrenzung der Fossae articularia, was bei ausreichend großer Kraft zur Biegungsfraktur eines oder beider Colla mandibulae führt (Becker and Austermann, 1990). Trifft die überschwellige Kraft zentral gegen die Kinnregion, so entsteht in aller Regel eine bilaterale Fraktur, wohingegen eine exzentrische, paramediane Krafteinwirkung zumeist eine unilaterale Kollumfraktur zur Folge hat. In letztgenannten Fällen bricht kontralateral der Krafteintrittsstelle (indirekte Fraktur) das Kollum und ipsilateral der paramediane Corpus mandibulae (direkte Fraktur).

Eine von kaudal auf die Kieferwinkelregion auftreffende Gewalteinwirkung kann zur sogenannten Abscherfraktur im Gelenkhalsbereich führen (Austermann, 2002; Reichenbach, 1969).

In den wissenschaftlichen Ausführungen von Spiessl und Schroll zu diesem Thema führt eine andauernde Kraft-/Druckeinwirkung auf zwei Flächen zu einer sogenannten Kompressionsfraktur (Spiessl et al., 1972).

Wassmund erkannte schon früh, dass eine Kraft, die sich nicht im Bruchspalt erschöpft zu einer Zerreißung des Periostschlauches im Bereich der Frakturlinie führen kann. In Folge dessen kann es durch den physiologischen Zug der Kaumuskulatur zu einer Dislokation oder Luxation eines Fragmentes kommen. Man spricht in diesem Fall von einer Dislokationsfraktur bzw. Luxationsfraktur

---

(Wassmund, 1927). Im Gegensatz zur Fraktur mit Luxation verbleibt bei der Dislokationsfraktur die Gelenkwalze immer in der Gelenkgrube.

Bei Luxations-, und Dislokationsfrakturen des Kiefergelenkes kommt es durch den Zug der Adduktoren (Kieferschließer) bei gleichzeitig fehlender artikularer Abstützung zu einer kraneo-dorsal Verlagerung des großen, distalen Fragmentes. Simultan kann es durch den Zug der Abduktoren (Kieferöffner) -hier speziell durch die Wirkung des M. pterygoideus lateralis- zu einer Verlagerung des kleinen, proximalen Fragmentes nach anterior, medial und kranial kommen (Vgl. Abb. 5 + 6). Studienübergreifend wird die mediale Luxation des kleinen Fragmentes als die häufigste Luxationsform angegeben. Dies wird unter anderem damit begründet, dass zum einen die Gelenkkapsel medial am schwächsten ist und zum anderen dadurch dass das Tuberculum articulare hier flacher ist als lateral (Ewers, 1995; Luder and Bobst, 1991; Schmolke, 1994).

Köhler postulierte in seinen wissenschaftlichen Ausführungen zur Biomechanik der Frakturentstehung des Processus condylaris mandibulae eine multifaktorielle Genese. Demnach sind neben der Intensität der Gewalteinwirkung und dem Kraftvektor auch die Verzahnung und damit die Stellung der Kieferhälften zueinander zum Zeitpunkt des Traumas entscheidend für die Lokalisation und den Verlauf der Frakturlinie (Köhler, 1951).

Sowohl Müller als auch Petzel et al. belegten durch ihre experimentellen Kadaverstudien an menschlichen Unterkieferpräparaten, dass immer gleiche Frakturmechanismen zu immer gleichen Frakturformen führten (Müller, 1973; Petzel and Bulles, 1981). Es konnte gezeigt werden, dass eine Gewalteinwirkung auf den seitlichen Kiefer regelhaft zur Fraktur der Kollumbasisregion führte, wohingegen eine symphysäre Krafteinwirkung zu einer uni- oder bilateralen Biegungs- oder Stauchungsfrakturen des Gelenkhalses oder Kieferköpfchens führten. Ebenfalls

---

zeigte sich, dass unilaterale Kollumbrüche gehäuft mit kontralateralen Paramedianfrakturen (sog. Kombinationsbrüche) vergesellschaftet sind (Müller, 1973). Gleichseitige Kombinationsbrüche hingegen treten seltener als gegenseitige auf (Lindahl, 1977).

Durch die wissenschaftlichen Ausführungen Müllers wurde die Bedeutung der Kieferstellung zum Zeitpunkt des Traumas für die Frakturlokalisation und Höhe deutlich. So konnte nachgewiesen werden, dass das Ausmaß der Mundöffnung zum Zeitpunkt der Traumatisierung direkten Einfluss auf die Frakturhöhe hat. Eine nach posterior gerichtete Kraft z.B. durch einen frontal ausgeführten Schlag gegen die Symphysenregion führt bei geschlossenem Mund zu einer initialen Öffnungsbewegung und konsekutiv zu einer diakapitulären Fraktur. Die gleiche Kraft führt bei geöffnetem Mund zu einer mittelhohen Gelenkhalsfraktur.

Es gilt: Je weiter der Mund geöffnet zum Zeitpunkt des Traumas, desto tiefer liegt die Fraktur.

Diese Einsicht deckt sich mit den Ergebnissen der bereits genannten experimentellen Forschungsarbeiten von Petzel und Bulles (Petzel and Bulles, 1981).

Darüber hinaus ist die Beschaffenheit des Knochens und hier insbesondere der Mineralisationsgrad sowie die altersspezifische Dicke des Gelenkhalses mit verantwortlich für die Fraktorentstehung (Ewers, 1995). Durch die Altersinvolution kommt es im Bereich des Gelenkhalses zur Verjüngung des Knochens, was eine erhöhte Frakturneigung im Gelenkhalsbasisbereich zur Folge hat (Newman, 1998).

Subsumierend werden das Ausmaß und der Frakturtypus von folgenden Parametern bestimmt (Günther et al., 1966; Müller, 1973):

- Intensität der Kraft
- Kraftvektor
- Angriffspunkt an der Mandibula
- Stellung/Orientierung der Mandibula im Raum
- Resistenz des Muskel- und Gelenkkapselbandapparates
- Ossäre Elastizität

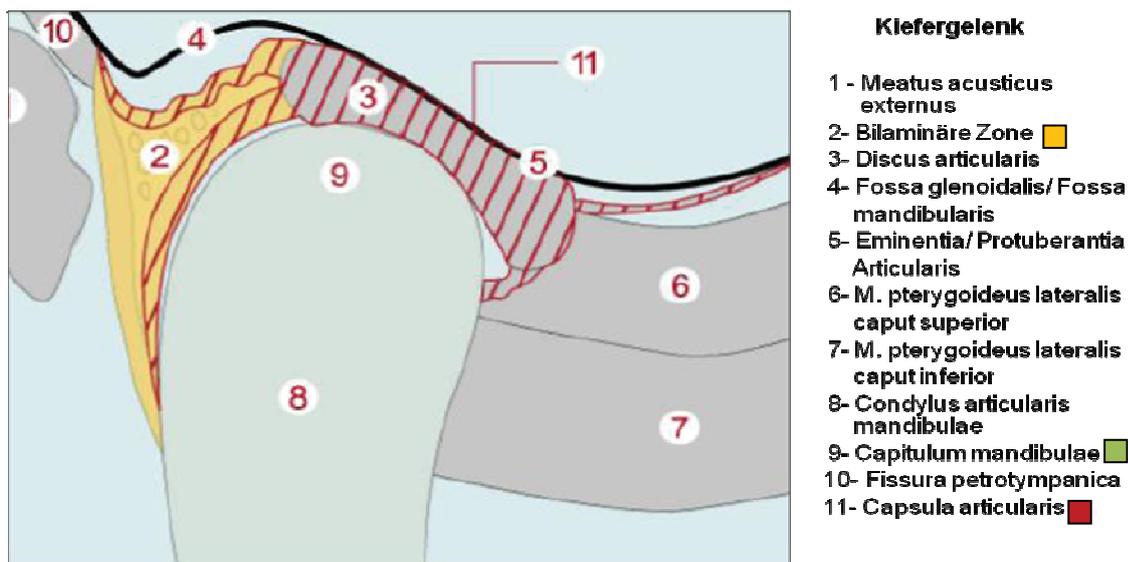


Abbildung 6: Anatomie des Kiefergelenkes, modifiziert nach Bumann und Lotzmann (Bumann and Lotzmann, 2000).

#### 1.4 Einteilung der Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen

Es existieren mannigfaltige Klassifizierungen der Kiefergelenkfortsatzfrakturen. Während frühe Einteilungen vor allem bemüht waren Frakturverläufe anhand von anatomischen Strukturen zu beschreiben, versuchten spätere Klassifikationen die verbesserten radiologischen Möglichkeiten zu nutzen und diesen diagnostischen Fortschritt in ihren Einteilungen zu implementieren.

Bereits 1927 erfolgte eine erste Einteilung der Kollumfrakturen (Vgl. Tab. 1) durch Wassmund (Wassmund, 1927). Neben der anatomisch-deskriptiven Komponente würdigte diese in besonderer Form auch die Biomechanik des Frakturmechanismus.

Capitulumfraktur (Absprengung oder Zertrümmerung der Gelenkwalze)
Senkrechte Collumfraktur (mit/ ohne Dislokation), durch Abscherung
Quere Collumfraktur (mit/ ohne Dislokation), durch Biegung
Schräge Collumfraktur (mit/ ohne Dislokation), durch Kombination aus Biegung und Abscherung

Tabelle 1: Einteilung nach Wassmund (Wassmund, 1927)

Wassmund modifizierte die Einteilung später nochmals und erweiterte diese unter besonderer Berücksichtigung der Luxationsfrakturen (Vgl. Tab. 2).

Typ I: Fraktur im Halsbereich mit Luxation und Achsabknickung des Capitulum von 10° bis 40°, Kontakt der Fragmente
Typ II: Luxationsfraktur mit Achsabweichung von 50° bis 90°, geringe Kontaktfläche der Fragmente
Typ III: starke Dislokation nach medial, keine Kontaktfläche der Fragmente
Typ IV: Luxation nach ventral, dorsal oder lateral
Typ V: Luxation oder Subluxation einer diakapitulären Fraktur

Tabelle 2: modifizierte Einteilung nach Wassmund (Wassmund, 1934)

Eine weitere Einteilung nach Köhler (1951) (Vgl. Tab. 3) differenziert zum einen zwischen Frakturhöhe und Dislokationsgrad des Processus condylaris und zum anderen würdigt diese bei den diakapitulären Frakturen den Frakturverlauf in Bezug auf die Lage zur Gelenkkapsel.

Gruppe I: tiefe Kollumfraktur mit Subluxation/ Luxation nach medial ad axim in verschiedener Winkelstellung und zusätzlicher Rotation nach vorne und außen
Gruppe II: tiefe Kollumfraktur mit Dislocatio ad latus mediale
Gruppe III: diakapitulärer Bruch subkapitulärer Bruch Kollummittelbruch mit Luxation nach medial

Tabelle 3: Einteilung nach Köhler (Köhler, 1951)

Ergänzt wurde die Einteilung Köhlers um die Aussage, dass die hohen Kollum bzw. Kapitulumfrakturen intraartikulär bzw. intrakapsulär verlaufen und in der Regel ohne größere Dislokationen einhergehen. Umgekehrt stellte er fest, dass tiefe Kollumbrüche extrakapsulär lokalisiert sind, und Dislokationen üblich sind.

Es folgten eine Vielzahl weiterer Einteilung (Vgl. Tabelle 4) von denen hier im Folgenden nur auf die wichtigsten eingegangen werden kann.

<b>Publikation</b>	<b>Jahr</b>
Wassmund	1927
Wassmund	1934
Köhler	1951
MacLennan	1952
Reichenbach	1953
Rowe	1955
Kirsch	1958
Müller	1971
Lund	1974
Spiessl und Schroll	1974
Lindahl	1977

Schwenzer	1977
Krüger	1980
Cattaneo	1984
Neff	1999
Hlawitschka und Eckelt	2002
Loukota et al	2005

Tabelle 4: Kiefergelenkfrakturteilungen chronologisch (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Einteilungen war praktisch keine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen wissenschaftlichen Studien möglich. In den letzten Jahren hat sich jedoch zunehmend die Einteilung nach Spiessl und Schroll (Vgl. Tab. 5 und Abb. 7) aus dem Jahre 1972 etabliert (Spiessl and Schroll, 1972). Die Einteilung berücksichtigt neben der Frakturhöhe auch die topographische Lage des Gelenkkopfes zur Fossa articulare.

Typ I	Kollumfrakturen ohne wesentliche Dislokation
Typ II	Tiefe Kollumfrakturen mit Dislokation
Typ III	Hohe Kollumfraktur mit Dislokation Typ IIIa: nach ventral Typ IIIb: nach medial Typ IIIc: nach lateral Typ IIId: nach dorsal
Typ IV	Tiefe Kollumfrakturen mit Luxation
Typ V	Hohe Kollumfrakturen mit Luxation
Typ VI	Kapitulumfrakturen

Tabelle 5: Einteilung nach Spiessl und Schroll (Spiessl and Schroll, 1972)

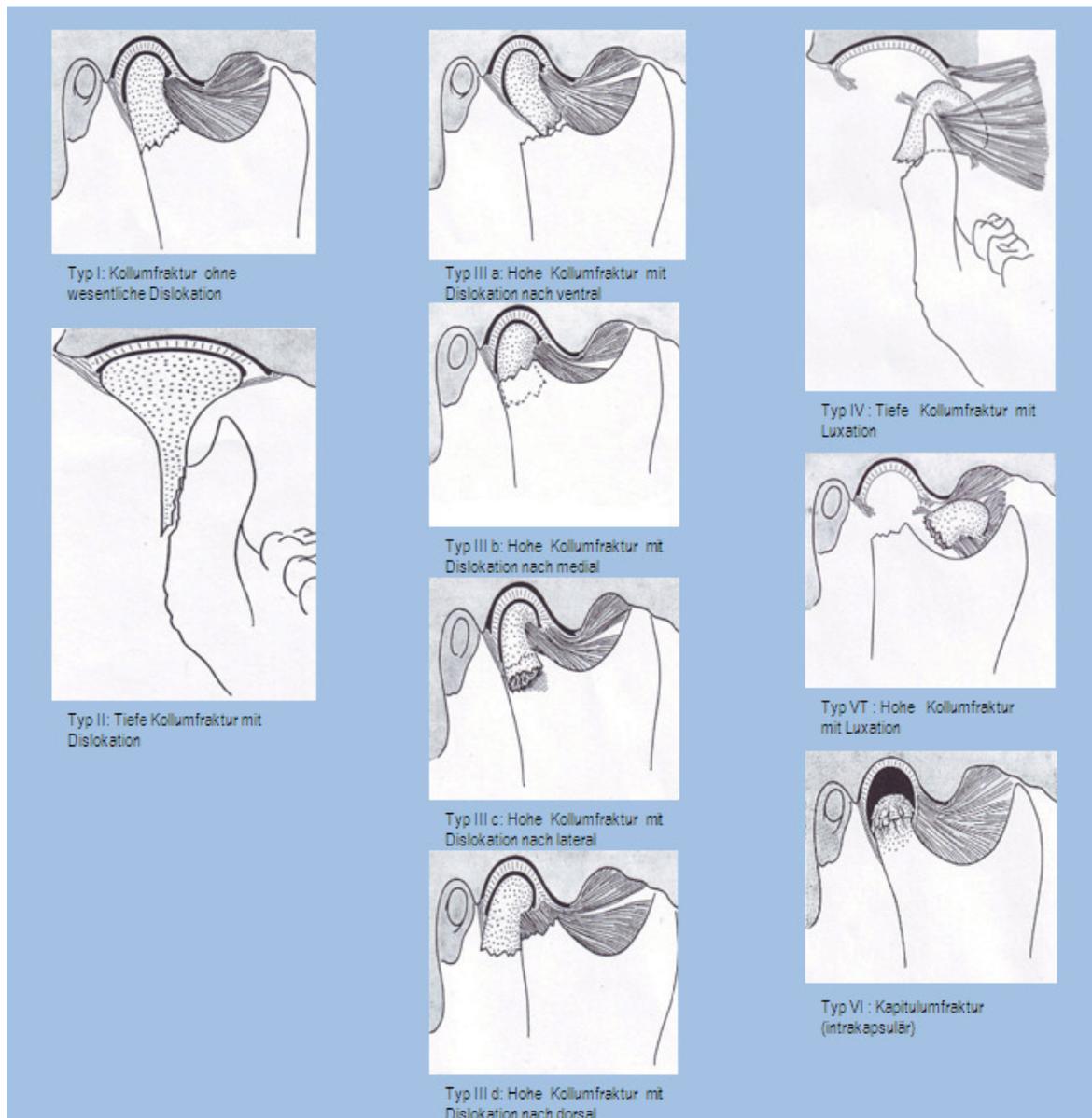


Abbildung 7: Illustration der Klassifikation von Gelenkfortsatzfrakturen nach Spiessl und Schroll (Spiessl and Schroll, 1972)

Neff et al. (1999) modifizierten die Einteilung nach Spiessl und Schroll (1972), indem sie diese um die Subklassifikation der diakapitulären Frakturen Typ A-C ergänzten (Vgl. Abb. 8).

Typ C	Typ B	Typ A
	Typ A (VI A)	Dislokation des medialen Gelenkwalzenanteils unter Erhalt der vertikalen Dimension. Die Fraktur ist abgestützt und nicht verkürzt.
	Typ B (VI B)	Fraktur des lateralen Kondylenpols unter Einbeziehung des Ligamentum laterale und Verlust der vertikalen Dimension. Die Fraktur ist nicht abgestützt und zeigt sich verkürzt. Die Gelenk tragende Walzenfläche ist subtotal betroffen.
	Typ C (V)	Die Gelenk tragende Walzenfläche ist hier total unter Abscherung der gesamten Gelenkwalze betroffen.

Abbildung 8: Subklassifikation der Gelenkwalzenfraktur (Neff *et al.*, 2004)

Hlawitschka und Eckelt ergänzten wiederum die Einteilung Neffs um den Frakturtyp M (Hlawitschka and Eckelt, 2002b) (Vgl. Abb. 9).

Typ M	Mehrfragmentfraktur mit Verlust der vertikalen Dimension
-------	--

Abbildung 9: Ergänzung der Subklassifikation der Gelenkwalzenfrakturen nach Hlawitschka und Eckelt (Hlawitschka and Eckelt, 2002b; Loukota *et al.*, 2005)

Eine ebenfalls weit verbreitete Klassifikation ist die stark simplifizierte Einteilung der Straßbourg Osteosynthesis Research Group (SORG) nach Loukota; Rasse und Mitarbeitern (Loukota *et al.*, 2005) (Vgl. Tab. 6 + Abb. 10). Diese Klassifikation wurde ins Leben gerufen, um bei der Vielzahl vorhandener Einteilungen eine einfache und paneuropäisch zu verwendende Klassifizierung zur Hand zu haben, und somit eine bessere Vergleichbarkeit der zahlreichen Studien zu ermöglichen.

Typ I	Diakapituläre Fraktur (Frakturverlauf durch den Kondylenkopf. Die Fraktur beginnt auf der Gelenkfläche und kann die Gelenkkapsel verlassen)
Typ II	Gelenkhalsfraktur (bei der radiologischen Ansicht von lateral verlaufen 50% der Frakturlinie oberhalb einer gedachten Linie durch die Incisura mandibulae und der Tangente des Ramus mandibulae)
Typ III	Gelenkfortsatzbasisfraktur (50% der Frakturlinie verlaufen unterhalb der vorgenannten Hilfslinien, bei der radiologischen Ansicht von lateral)

Tabelle 6: Einteilung nach Loukota et al (Loukota *et al.*, 2005)

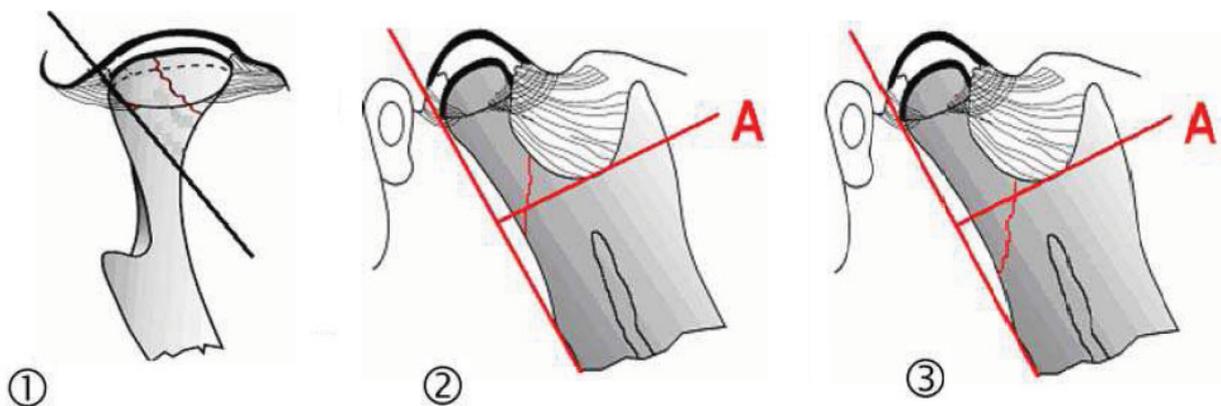


Abbildung 10: Einteilung der Gelenkhalsfrakturen (modifizierte Darstellung) Typ 1-3 (Vgl. Tabelle 5) nach Loukota (Loukota *et al.*, 2005)

Aufgrund innereuropäischer Diskrepanzen der Begrifflichkeiten wurde zusätzlich von Loukota verlangt, dass der Begriff „minimal displacement“ in Studien für Frakturen Verwendung findet, die mit einer Dislokation von weniger als  $10^\circ$  und/ oder überlappenden Knochenenden von weniger als 2 mm einhergehen.

Zum Zwecke der besseren Vergleichbarkeit internationaler wissenschaftlicher Studien hatte Eckelt bereits 2000 (Eckelt, 2000) eine Vereinheitlichung der Terminologie verlangt. Die im deutschsprachigen Raum üblichen Begrifflichkeiten

---

sollten dem angloamerikanischen angepasst werden und Dislokation durch ‚displacement‘ und Luxation durch ‚dislocation‘ ersetzt werden.

## **1.5 Diagnostik der Gelenkfortsatzfrakturen des Unterkiefers**

Die Diagnostik der Unterkiefergelenkfortsatzfraktur beruht auf der Anamnese, dem klinischen Untersuchungsbefund sowie einer radiologischen Bildgebung. Da mitunter der Nachweis sicherer Frakturzeichen wie einer abnormen Beweglichkeit, Achsabweichung oder der Krepitation schwellungs- oder schmerzbedingt nur sehr eingeschränkt möglich ist, gelingt der sichere Frakturnachweis bzw. -ausschluss in aller Regel nur in der Zusammenschau aller Befunde.

### **1.5.1 Klinische Diagnostik**

Die klinische Frakturdiagnostik beginnt zunächst mit der anamnestischen Rekonstruktion des Unfallmechanismus. Bei der anschließenden Inspektion von extraoral können Gesichtsasymmetrien, eine eingeschränkte Mundöffnung oder eine Kieferklemme (Functio laesa) erste Indizien für eine Fraktur sein. Sichtbare Knochenenden oder Knochendurchspießungen, die charakteristisch sind für offene Frakturen (sog. sichere Frakturzeichen), kommen im Kiefergelenkbereich aufgrund der -andernorts bereits erwähnten- verborgenen Lage hinter dem Jochbogen quasi nicht vor. Hierfür muss ein besonders schweres Trauma, wie beispielsweise eine Schussverletzung vorliegen. Bei stark dislozierten oder luxierten Frakturen lassen sich die Bruchenden gelegentlich von extra- oder intraoral tasten. In diesen Fällen lässt sich dann zumeist auch eine Krepitation eruieren. Beides gilt als direkter Frakturnachweis. Über der Fraktur lässt sich palpatorisch in steter Regelmäßigkeit ein Druckschmerz auslösen. Die digitale Kompression des Unterkiefers gegen die Gelenkpfanne führt zu einer ebensolchen Schmerzsensation. Bei unilateraler

Gelenkfortsatzfraktur kann ipsilateral eine Nonokklusion vorliegen. Liegt eine bilaterale Fraktur vor, kann der Unterkiefer nach dorsokranial verlagert sein, was inspektorisch zu einem frontal offenen Biss führen kann (s. Abbildung 11). Sowohl die Schmerzensation als auch die genannten Okklusionsstörungen sind unspezifische Symptome und können so auch bei anderen Erkrankungen, wie beispielsweise einer Kiefergelenkskontusion mit konsekutiver Gelenkergussbildung, vorkommen.

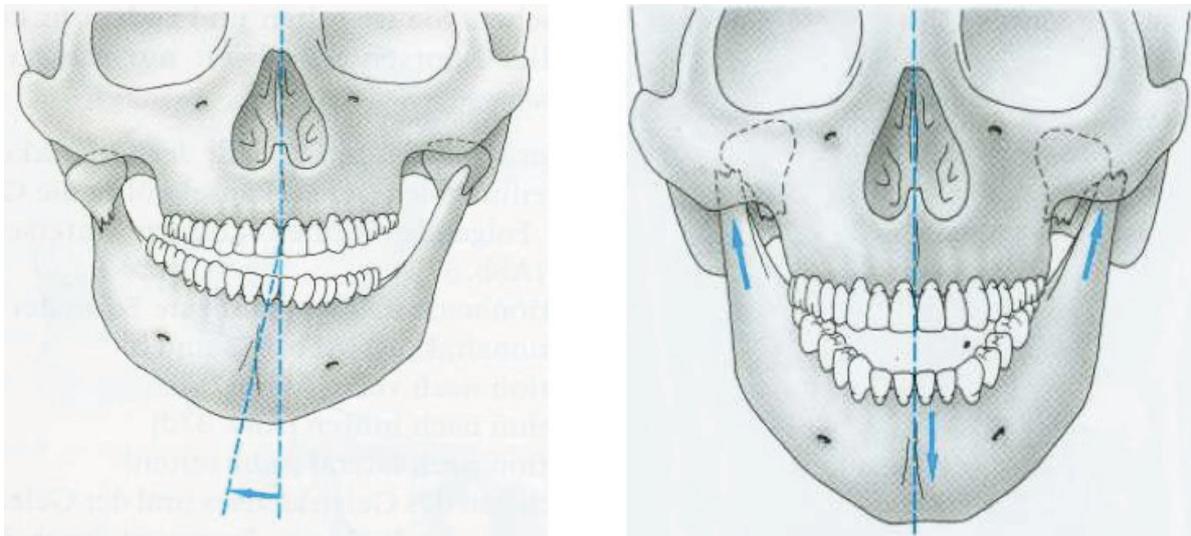


Abbildung 11: Seitverschiebung bei einseitigem Bruch, Frontal offener Biss bei beidseitigem Bruch (Horch and Herzog, 1997)

### 1.5.2 Radiologische Diagnostik

Die gründliche klinische Untersuchung liefert meist nur eine initiale Verdachtsdiagnose, die in der Folge immer nach einer radiologischen Verifizierung verlangt. Mindestanforderung an eine veritable Frakturdiagnostik ist die radiologische Darstellung in zwei Ebenen. Üblicherweise erfolgt zunächst die Anfertigung eines Orthopantomogramms (OPTG) (s. Abb. 12) sowie eine Schädel p.a. Aufnahme in 15° Reklinationsstellung (Aufnahme nach Clementschitsch; Synonym SPA 15°) (s. Abb. 13) (Horch and Herzog, 1997; Krenkel, 1987).

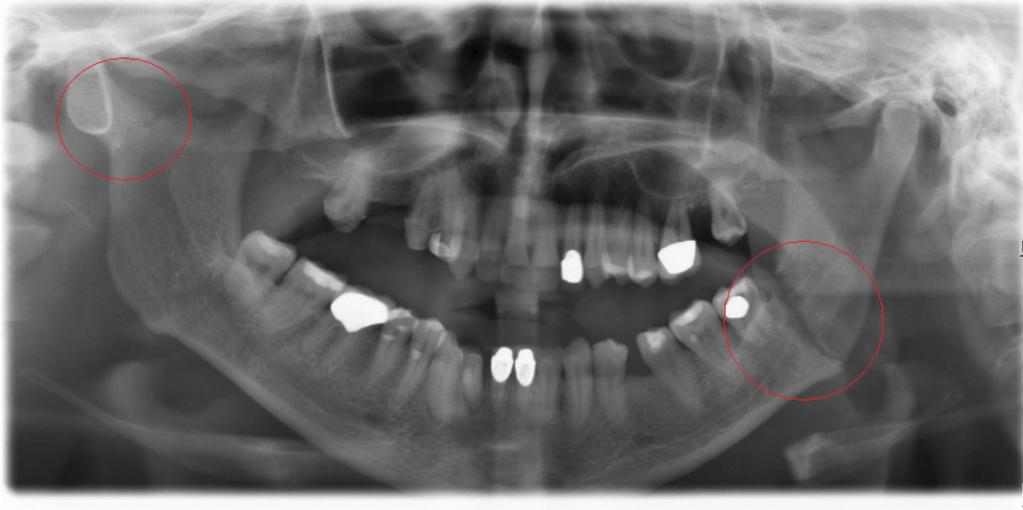


Abbildung 12: Orthopantomogramm (OPTG) mit rechtsseitiger Gelenkhalsbasisfraktur und linksseitiger Kieferwinkelfraktur (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2011)

Vorteil der Clementschitsch-Aufnahme ist eine nahezu überlagerungsfreie Darstellung der Kiefergelenke (Pasler, 1991; Rother and Biedermann, 1978). Darüber hinaus kann bei Gelenkfortsatzfrakturen der Grad der Dislokation/ Luxation des proximalen Fragmentes abgeschätzt werden.

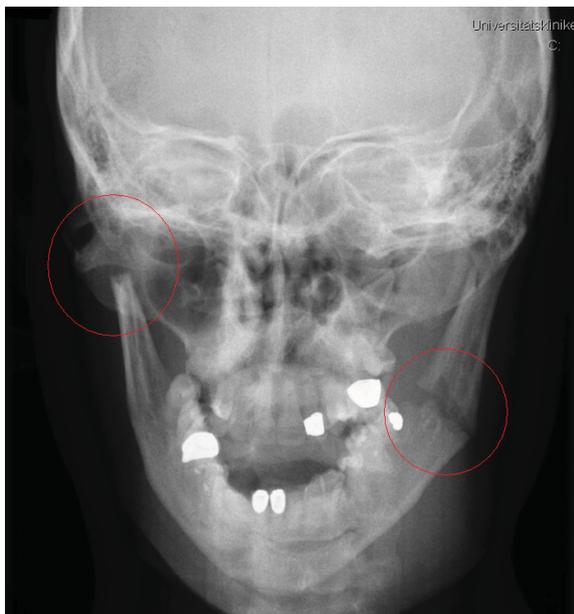


Abbildung 13: Clementschitsch-Aufnahme (SPA 15°) mit rechtsseitiger, dislozierter Gelenkhalsfraktur und Kieferwinkelfraktur links (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2011)

Andere konventionelle Aufnahmen des Kiefergelenkes (z.B. Kiefergelenk (KG) nach Parma, KG n. Schuller) sind aus strahlenhygienischen Gründen nahezu vollständig verlassen worden (Horch and Herzog, 1997; Schimming *et al.*, 1999). Mitverantwortlich scheint hier auch der immense Fortschritt im Bereich der hochauflösenden, computergestützten radiologischen Diagnostik (CT, MRT, DVT), mit einem hohen Maß an Detailgenauigkeit und einer nahezu flächendeckenden Verfügbarkeit dieser Geräte zu sein. Besteht heutzutage der Verdacht auf das Vorliegen weiterer Schädelverletzungen, oder lässt der Zustand des Patienten eine konventionelle Aufnahme nicht zu, so wird zumeist eine prozessorgesteuerte Schichtaufnahme angefertigt. In aller Regel handelt es sich hierbei um ein Computertomogramm (CT) (s. Abb.14). Breite Anwendung findet auch die Möglichkeit, sich anhand der DICOM Rohdaten ein computergestütztes, dreidimensionales Bild der Interessenregion (sog. 3D-CT) rekonstruieren zu lassen (s. Abb. 15). Ein weiterer Vorzug ergibt sich durch die digitale Bildbearbeitung.



Abbildung 14: Coronar rekonstruiertes CT einer Gelenkhalsbasisfraktur (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010)

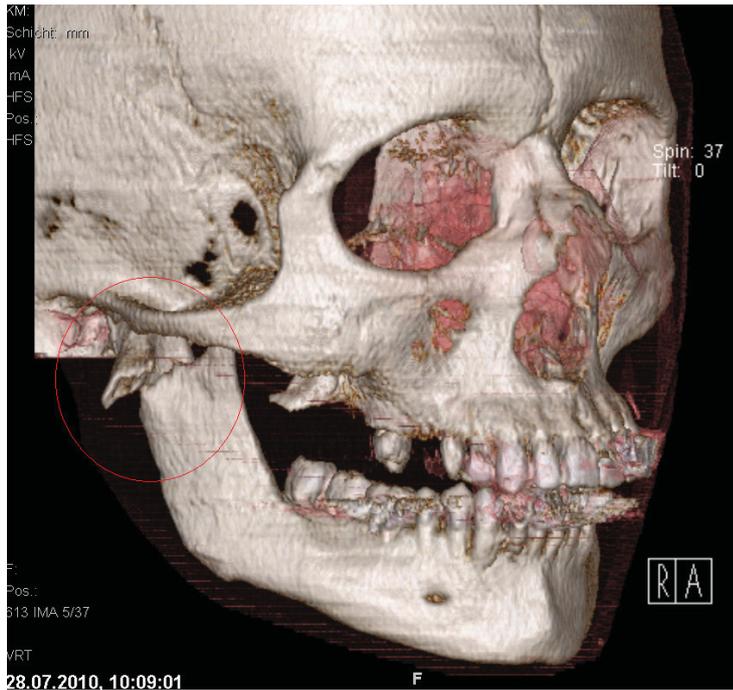


Abbildung 15: 3D-Rekonstruktions-CT einer Gelenkhalsbasisfraktur (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010)

Vermutet man eine diskoligamentäre Verletzung, so ist die Magnetresonanztomographie (MRT) das sensibelste Verfahren (Eckelt and Klengel, 1996; Sullivan *et al.*, 1995; Terheyden *et al.*, 1996). Neuerdings gewinnt zunehmend auch die digitale Volumentomographie (DVT) an Bedeutung. Letztgenannte eignet sich hervorragend zur ossären Diagnostik, wohingegen sie zur Darstellung von Weichgeweben wie dem Diskus articulare oder der Gelenkkapsel gänzlich ungeeignet scheint (Heiland *et al.*, 2003; Kyriakou *et al.*). Der große Vorteil im Vergleich zum CT liegt in einer deutlich reduzierten Strahlenbelastung. Gegenüber der konventionellen Computertomographie ist die effektive Strahlendosis bei der DVT erheblich reduziert. Vereinfacht lässt sich sagen, dass sie etwa ein Viertel der einer vergleichbaren CT beträgt (Loubele *et al.*, 2009; Ludlow *et al.*, 2006; Ludlow and Ivanovic, 2008).

Mittlerweile stehen DVT-Geräte mit frei wählbaren Untersuchungsvolumina zur Verfügung. Mit diesen Geräten kann man kleine Volumina, z.B. zur Abbildung nur

---

eines Kieferteilabschnittes wählen, oder große Volumina für die Abbildung des ganzen Kopfes. Die Möglichkeit zur Fokussierung der Feldgröße führt letztendlich zur oben genannten Dosisreduktion (Lofthag-Hansen *et al.*, 2008). Die Frakturdiagnostik mittels Ultraschall ist möglich, scheint jedoch wenig praktikabel. Zum einen kann es durch die Überlagerung von Knochenanteilen zum Phänomen der dorsalen Schallauslöschung kommen, was zur ungenügenden Beurteilbarkeit der Interessenregion führen kann, zum anderen verursacht der Anpressdruck des Schallkopfes am Patienten beim Vorliegen einer Fraktur eine kaum tolerable Schmerzsensation. Aus den genannten Gründen kommt dem Ultraschall nur eine untergeordnete Bedeutung bei der Frakturdiagnostik zu, wenngleich auch in einigen Studien (Eckelt, 2000; Volkenstein *et al.*, 1996) gezeigt werden konnte, dass die Ultraschalldiagnostik in der Hand des Geübten durchaus geeignet sein kann. So zeigte Eckelt, dass Ultraschall zur Kontrolle des Repositionsergebnisses genutzt werden kann. Volkenstein hingegen stellte heraus, dass die Sonographie lediglich zum Frakturnachweis dienen kann, nicht jedoch zu deren Ausschluss. Er machte anhand seiner Studie deutlich, dass ein Frakturspaltnachweis in über 90% der Fälle gelingt und sowohl Dislokationen als auch Stufenbildung sicher detektiert werden können.

## **1.6 Therapeutisches Behandlungsspektrum**

Die Frage nach der Wahl des geeigneten Therapieverfahrens bei gegebener Kiefergelenkfortsatzfraktur ist seit jeher ein viel diskutiertes Problem in der Wissenschaft. Bis heute gibt es Verfechter der konservativen Therapie, die ihrerseits die Wahl des Verfahrens in diversen wissenschaftlichen Studien begründen. Gute Ergebnisse mit einem konservativen Verfahren konnten vor allem bei nicht

---

dislozierten kondylären Frakturen (Rahn *et al.*, 1989), sowie kindlichen Frakturen (Holtgrave *et al.*, 1975; Rodloff *et al.*, 1991; Williamson, 1987), erzielt werden.

Demgegenüber stehen die Befürworter der operativen Therapie, die als Grundvoraussetzung für eine komplikationslose Restitutio ad integrum die möglichst exakte Reposition und Osteosynthese des frakturierten Fragmentes sehen. Klinische Studien haben gezeigt, dass konservativ behandelte Luxationsfrakturen und stark dislozierte Brüche eher zu spätfunktionellen Einschränkungen wie Limitationen bei der Mundöffnung, Malokklusionen oder arthrosis deformans führen (Feifel *et al.*, 1996; Härtel *et al.*, 1994; Pape and Altfeld, 1973; Worsaae and Thorn, 1994).

Rasse geht davon aus, dass das Ziel einer jeden Behandlung die Wiederherstellung einer intakten Gelenkfläche und Höhe sein muss, um eine regelrechte Funktion wiederzuerlangen (Rasse, 2000). Haug und Assael stellten im Rahmen ihrer Studie zu subkondylären Frakturen keine signifikanten Unterschiede im direkten Vergleich beider Therapieverfahren fest. Sie stellen jedoch ein signifikant häufigeres Vorhandensein starker chronischer Schmerzen in der Gruppe der konservativ behandelten Patienten fest (Haug and Assael, 2001).

Laut einer wissenschaftlichen Untersuchung Ellis leiden konservativ behandelte Patienten signifikant häufiger an Malokklusionen (Ellis III *et al.*, 2000a).

Eckelt (Eckelt *et al.*, 2006) wie auch Worsaae und Thorn (Worsaae and Thorn, 1994) attestieren der operativen Therapie ein besseres ‚Outcome‘, verglichen mit der konservativen Therapie. Laut Worsaae konnten deutlich bessere Resultate durch eine Reposition und Osteosynthese erzielt werden (4% Funktionsstörung). Die Gruppe der konservativ versorgten litt hingegen signifikant häufiger an Malokklusion, mandibulärer Asymmetrie, gestörter Kaufunktion, Diskusluxation, Ankylose oder Gelenkschmerzen (46% Funktionsstörung).

---

Eckelt zeigte, dass ein operatives Vorgehen nicht nur zu wesentlich besseren funktionellen Ergebnissen führte, sondern dass sich hiermit auch die Patientenzufriedenheit statistisch relevant steigern ließ (Eckelt *et al.*, 2006). Silvennoinen *et al.* beobachteten signifikant mehr Funktionsstörungen nach konservativer Behandlung, wenn die Ramushöhe reduziert war, unabhängig vom Grad oder Richtung der Dislokation (Silvennoinen *et al.*, 1994).

Im Gegensatz zu Silvennoinen betonten Joos und Kleinheinz, dass die Angulation des Fragments der wichtigste zusätzliche Faktor sei, der eine offene Reposition erforderlich mache (Joos and Kleinheinz, 1998).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass es aktuell einen Trend zu deutlich mehr operativen Versorgungen gibt; lediglich die Versorgung sehr hoher Frakturen wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Schlussendlich hängt die Wahl des therapeutischen Verfahrens von der Frakturform, dem Grad der Dislokation/Luxation, dem Zahnstatus (Anzahl der Stützzonen), der Compliance, dem Alter und dem Gesundheitszustand des Patienten ab. Darüber hinaus scheinen das `Know-how` und die persönlichen Präferenzen des Operateurs im Entscheidungsprozess eine relevante Rolle zu spielen (Hayward and Scott, 1993).

### **1.6.1 Konservative Verfahren**

Trotz vielfältiger Variationen beruht das Prinzip der konservativen Therapie immer auf einheitlichen Grundzügen. Auf eine Phase der Ruhigstellung folgt immer eine Episode der funktionellen Nachbehandlung. Die Varianten der unterschiedlichen Schienungsformen sind mindestens so vielgestaltig wie die wissenschaftlichen Empfehlungen zur Dauer der Immobilisation. Während man früher zu einer eher längeren Ruhigstellung tendierte, so mehren sich die wissenschaftlichen Stellungnahmen die eine eher kurzzeitige Immobilisierung propagieren. Je nach

---

Autor und Frakturtyp wird eine straffe intermaxilläre Fixation (IMF) von 1-2 Wochen empfohlen. Zusätzlich kann durch eine uni- oder bilaterale Bissperrung im Seitenzahnbereich, z.B. durch ein in der Molarenregion aufgebrachtes Hypomochlion, eine Entlastung des Kiefergelenkes erreicht werden. Durch die Distraction auf der Frakturseite, soll dem dislozierten/ luxierten Fragment die Möglichkeit zur autologen Reposition gegeben werden (Hausamen, 1982; Niederdelmann and Schilli, 1980).

Auf die Phase der straffen Fixierung folgt die Fortsetzung der Schienentherapie mit nur leichten intermaxillären Führungsgummis (Elastics) für die Dauer von 1-2 Wochen. Am Ende dieser Behandlungsphase werden die Gummizüge entfernt und die Schiene für eine weitere Woche in situ belassen. Während dieser Zeit wird die Kieferfunktion des Patienten engmaschig kontrolliert. Kommt es zu Okklusionsstörungen oder terminaler Deviation bei der Mundöffnung, wird die Führungsgummitherapie weiter fortgesetzt (Silvennoinen *et al.*, 1994; Zachariades *et al.*, 2006).

Durch die Verkürzung der IMF-Dauer soll die Gefahr der Kapitulumnekrose durch Druckschädigung oder einer Ankylosierung reduziert werden. Die Schwierigkeit bei dieser Form der Behandlung ist es, den Fragmenten ausreichend Zeit zur Frakturheilung zu geben, ohne jedoch eine Ankylose des Kiefergelenkes zu provozieren (Eckelt, 2000).

Flankiert wird die frühfunktionelle Nachbehandlung durch eine intensive Physiotherapie. Die physiotherapeutischen Übungen sind gleichermaßen integraler Bestandteil der konservativen wie auch der operativen Therapie. Diese zielen speziell darauf ab muskulären Kontrakturen und Kapselschrumpfungprozessen durch Narbenbildung entgegenzuwirken, um anschließend wieder einen physiologischen Bewegungsumfang zu etablieren (Upton and Barber, 1991). Die

---

funktionelle Nachbehandlung umfasst Übungen in zentrischer Kondylenposition, bestehend aus aktiven und passiven Mundöffnungs-, Dehnungs- sowie Entspannungsübungen. Weiche Kost ist obligat während der gesamten Zeit der Frakturheilung.

Ein weiteres etabliertes konservatives Behandlungsverfahren stellt die Nachbehandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten (FKO) dar.

Die sogenannte Aktivatortherapie nach Andresen und Häupl (Andresen and Häupl, 1945) wurde erstmalig von Reichenbach in das Behandlungskonzept der Gelenkfortsatzfrakturen übernommen (Reichenbach, 1969). Der Aktivator zwingt den Unterkiefer bei der Okklusion in die richtige Position, während er bei der Mundöffnung einer Deviation entgegenwirkt. Die Aktivatorbehandlung sollte sich über 9-12 Monaten erstrecken, wobei dieser idealerweise mindestens 16 Stunden pro Tag getragen werden sollte (Kahl and Gerlach, 1990).

### **1.6.2 Operative Verfahren**

Der Vorteil der operativen Verfahren liegt in der Möglichkeit der schnelleren Rekonvaleszenz. Da die Osteosynthesplatten als belastungsstabil gelten, kann rascher mit der funktionellen Nachbehandlung begonnen werden und somit besteht die Chance einer schnelleren Heilung (Rasse, 2000). Nach heutiger Auffassung diverser Autoren (Baker *et al.*, 1998; Hlawitschka *et al.*, 2005; Horch and Herzog, 1997; Laskin, 1976) besteht eine klare Indikation zur operativen Versorgung bei:

- Ausgeprägter Dislokation, unabhängig von der Frakturhöhe
- Ausgeprägter Luxation, unabhängig von der Frakturhöhe
- Vertikalem Höhenverlust
- Fehlendem Kontakt der Fraktarenden, z.B. durch Interposition von Weichgewebe

- Doppelseitiger Dislokationsfraktur
- Unterkiefermehrfachfraktur

Die Möglichkeiten der Zugangswege sowie Osteosynteseverfahren sind mannigfaltig. Der Anspruch an ein operatives Verfahren ist dabei die Gewährleistung einer optimalen Übersicht bei ungestörter Manövrierbarkeit zum Zwecke einer möglichst exakten Reposition und Wiederherstellung der vollen Funktion. Ferner sollten anatomisch relevante Strukturen geschützt werden und eine kosmetisch unauffällige Narbe resultieren (Eckelt, 2000; Schuchardt and Wassmund, 1956).

Die Wahl des geeigneten OP-Verfahrens stellt hohe Ansprüche an den Behandler und ist, wie an anderer Stelle/ oben bereits erwähnt, abhängig von der Frakturhöhe, dem Dislokationsgrad, den Präferenzen und Fertigkeiten des Operateurs sowie dem Vorliegen weiterer Verletzungen. Während kaudal gelegene Frakturen bevorzugt von sub-, retromandibulär oder enoral versorgt werden, so ist dies bei höher gelegenen Brüchen nicht mehr möglich. Die hohen Kollumfrakturen oder diakapitulären Brüche können nur über einen prä-, retro- oder transaurikulären Zugang erreicht werden. Dem Wunsch nach immer kleineren, kosmetisch ansprechenderen Zugangswegen Tribut zollend, hat in neuerer Zeit auch die endoskopische Chirurgie in der Kieferchirurgie Einzug gefunden. Anders als beispielsweise in der Abdominalchirurgie kommt die endoskopisch-assistierte Frakturversorgung jedoch nicht ohne größere Schnitte aus. Es handelt sich hierbei bislang immer noch um eine Kombinationstherapie aus Endoskopie und offener konventioneller, chirurgischer Intervention. Zur Fixierung der frakturierten Anteile dienen in der Regel Metallplatten und Schrauben auf Basis von Titanlegierungen oder Reintitan.

Die Einführung der Miniplatten in der Kiefer- Gesichtschirurgie geht auf die intensive Forschungsarbeit von Michelet und Champy in den siebziger Jahren zurück. (Champy *et al.*, 1975; Michelet *et al.*, 1973).

---

Dabei sind die Implantate so konzipiert, dass sie Zug- und Druckbelastungen widerstehen. Die Miniplatten existieren in verschiedenen starken Profilierungen, wobei durch die Vorgabe der engen anatomischen Strukturen nach oben hin natürliche Limitationen bestehen. Die gebräuchlichsten Plattensysteme haben eine Profilstärke von 1,0 - 2,0 mm. Den Erkenntnissen der biomechanischen Untersuchungen von Pauwels und Hammer zufolge besteht die ideale Versorgung der Kollumfraktur aus der Implantation zweier parallel verlaufender Osteosyntheseplatten (Hammer *et al.*, 1997; Meyer, 2006; Meyer *et al.*, 2006; Pauwels, 1949)

Hierbei sollte eine Platte am Hinterrand des aufsteigenden Unterkieferastes appliziert werden um so dem Zug des M. pterygoideus lateralis im Sinne einer Zuggurtung entgegenzuwirken. Eine weitere Platte wird entsprechend der trajektoriiellen Bauweise am vorderen Rand des aufsteigenden Unterkieferastes angebracht und gewährt zusätzlich Rotationsstabilität. Miniplatten sind nach wie vor integraler Bestandteil der Unterkieferfrakturversorgung. Die stetige Weiterentwicklung der Miniplatten führte u.a. durch werkstoffkundliche Verbesserungen zu einer deutlichen Reduktion der Plattendimension und somit zur Steigerung des Komforts für Arzt und Patient. Miniplatten werden monokortikal mit Minischrauben des Durchmesser 1,7-2,3 mm verankert.

Ebenfalls einen Fortschritt auf unserem Fachgebiet brachte die Einführung der dynamischen Kompressionsplatte (DCP) nach Luhr im Jahre 1968 (Luhr, 1968).

Auch in den Folgejahren erschienen zahlreiche Publikationen anderer Autoren zum Thema der Frakturbehandlung des Unterkiefers mittels Druckplattenosteosynthesen (Becker and Austermann, 1990; Spiessl *et al.*, 1971).

Letztlich beruhten alle vorgestellten DC-Platten in ihrer Konzeption auf der Integration der biomechanischen Information einer schiefen Ebene (Prinzip der schiefen Ebene). Durch die spezielle Konfiguration der Schraubenlöcher kommt es

---

nach Belegung dieser mit Schrauben zur Kompression des Frakturspaltes in Längsrichtung, was die primäre Frakturheilung begünstigt. Kompressionsplatten werden in der Regel bikortikal verankert.

Neben den genannten Plattensystemen existiert die von Eckelt publizierte Zugschraubenosteosynthese des Processus condylaris. Das im angloamerikanischen Raum auch als 'lag screw osteosynthesis' bezeichnete Verfahren entspricht konzeptionell einer Markraumnagelung ähnlich dem Prinzip des in der Unfallchirurgie verwandten UHN (unaufgebohrter Humerusnagel) oder PFN (Proximal femur nailing). Am Unterkiefer wird hierbei ein als Gleitloch konzipiertes Loch aus der Kieferwinkelregion in Richtung Gelenkhals gebohrt. Die eingebrachte Zugschraube besitzt nur im apikalen Anteil ein selbstschneidendes Gewinde, was wiederum die Kompression der Frakturrenden gegeneinander zur Folge hat (Eckelt and Gerber, 1981; Eckelt and Hlawitschka, 1999; Krenkel, 1992).

Extrem schmale und gekrümmte Unterkiefer gelten als Kontraindikationen für die Anwendung der Zugschraubenosteosynthese, da in diesen Fällen der Gleitkanal die laterale Kortikalis perforieren könnte (Welk and Sumnig, 1999).

Eine Kombination aus Zugschraube und Platte wurde 1999 von Reuther als Würzburger Zugschraubenplattensystem lanciert. Das System soll Vorteile beider Osteosyntheseformen vereinen und die Verankerungsprobleme bei sehr graziilen Unterkiefern eliminieren. Bis heute kommt dieser Versorgungsform jedoch eine eher untergeordnete Bedeutung zu (Reuther, 1999).

Neue vielversprechende Ansätze bestehen in der Entwicklung und Anwendung biokompatibler, resorbierbarer Platten- und Pin-Systeme. Größter Vorteil dieser aus Polylactid (PLA) oder Polydioxanon (PDS) gefertigten Platten und Schrauben ist neben ihrer guten Gewebeverträglichkeit der Verzicht auf eine gesundheitsökonomisch kostspielige operative Entfernung (Gerlach, 2000). Größter

---

Nachteil dieser Plattensysteme stellt derzeit noch die mangelnde Stabilität und Widerstandsfähigkeit sowie die hohen Kosten dar (Kim and Kim, 2002; Vrebos and Dupuis, 2005), wodurch der Vorteil der entfallenden zweiten Operation relativiert wird. Kellmann und Tatum konnten zudem nachweisen, dass die Biodegradation umso größer ist, je größer die Druckbelastung ist (Kellman and Tatum, 1998).

Gibsons vergleichende Studie zu resorbierbaren Platten- und konventionellen Osteosynthesystemen zeigte Belastungsschwächen dieser neuartigen Materialien in Bezug auf die Verwendung bei Unterkieferfrakturen auf (Gibson, 2007).

Die wissenschaftliche Erkenntnis der mangelnden Stabilität deckt sich mit den Erfahrungen Rasses, der diakapituläre Frakturen zunächst mit resorbierbaren PDS-Pins versorgte, später jedoch aus Stabilitätsgründen zu Titan-Minizugschrauben wechselte (Rasse, 1993).

Auch Neff *et al.* fanden in einer Studie mit resorbierbaren Pins diese unzulänglich für die Versorgung von Kiefergelenkluxationsfrakturen (Neff *et al.*, 1999). Abschließend ist zu der Verwendung von resorbierbaren Platten und Schrauben zu sagen, dass ihr Einsatz derzeit noch recht kontrovers diskutiert wird. (Cox *et al.*, 2003; Eppley, 2005; Gerlach, 2000; Gibson, 2007; Kellman and Tatum, 1998; Kim and Kim, 2002; Rudolf R.M, 2005). Ein zeitnahe flächendeckender Einsatz dieser Systeme scheint derzeit nicht in Sicht, vielmehr sind sie aktuell noch Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Forschungsbemühungen.

Wie vorausgehend bereits erwähnt ist der Zugang zum Kiefergelenk diffizil und risikoreich, weshalb viele Autoren eine operative Therapie ablehnen. Aufgrund der Vielzahl verschiedener Zugangswege zum Kiefergelenkfortsatz und deren Modifikationen kann im Folgenden nur auf die gebräuchlichsten Zugänge eingegangen werden.

### **1.6.2.1 Submandibulärer Zugang**

Der von Perthes 1927 erstmals publizierte Zugang gilt als besonders sicher und ist daher überaus populär (Eckelt, 2000; Perthes, 1924).

Hierbei erfolgt die circa 40-50 mm lange Hautinzision zwei Querfinger unterhalb des Corpus mandibulae (s. Abb. 16). Das Platysma wird quer zum Faserverlauf durchtrennt, anschließend erfolgt die epifasziale Präparation zum kranial gelegenen Kieferwinkelbereich. Während dieses Operationsschrittes passiert man den auf der oberflächlichen Halsfaszie gelegenen Ramus marginalis nervus facialis, der mittels Neurostimulator aktiv identifiziert werden kann. Am kaudalen Ende des Unterkiefers werden der Musculus masseter und das Periost quer durchtrennt und in der Folge eleviert (s. Abb.16). Anschließend erfolgen die Freilegung und Versorgung der kranial gelegenen Fraktur.

Nachteil dieses Verfahrens ist eine relativ schlechte Übersicht aufgrund einer großen Distanz zwischen Frakturzone und Hautinzision (Eckelt, 2000). Dies hat zur Folge, dass zur Erhöhung der Übersicht der Hakenzug forciert werden muss, was wiederum zur Schädigung des erwähnten Fazialisastes führen kann. Ein weiteres Manko ist die beträchtliche resultierende Narbenlänge im sichtbaren Bereich. Zudem ist dieser Zugang ungeeignet zur Versorgung mittelhoher und hoher Gelenkhals- sowie Walzenfrakturen.



Abbildung 16: Submandibulärer Zugang (modifiziert Darstellung aus: Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis, Härle et al., Illustration A. Reinhardt, Georg Thieme Verlag) (Härle, 1999) Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. (emer.) Dr. Dr. F. Härle, Kiel.

### 1.6.2.2 Periangulärer Zugang

In Anlehnung an Risdons wissenschaftliche Ausführungen zum Kiefergelenkszugang (Risdon, 1934) propagierte Eckelt (Eckelt, 2000) eine Modifikation des submandibulären Zuganges zum Schutze des Ramus colli durch eine perianguläre Schnittführung. Eckelt begründet sein Vorgehen damit, dass der Ramus colli nicht nur das Platysma motorisch innerviert, sondern seine Endäste bis in die Unterlippe einstrahlen können. Eine Traumatisierung dieses Fazialisastes kann daher eine Störung der Unterlippendepression zur Folge haben (Eckelt, 2000). Beim periangulären Zugang erfolgt eine 40-50 mm lange, leicht bogenförmige Hautinzision knapp unterhalb des Angulus mandibulae (s. Abb.17). Anschließend präpariert man auf dem Platysma nach kranial und durchtrennt dieses schichtweise einen Zentimeter oberhalb des Unterkieferbasalrandes. Hier verlaufen Ramus marginalis, Ramus buccalis und Ramus colli des Nervus facialis in unmittelbarer Nachbarschaft

auf der Fascia masseterica. Die anatomische Varianz der topographischen Nervlagen ist hier außerordentlich, weshalb die genannten Nerväste mit dem Neurostimulator zunächst sicher identifiziert werden müssen, bevor Faszie und Massetermuskel mit dem Skalpell quer disseziert werden (s. Abb.17). Die kranialen und kaudalen Anteile des Muskels werden nun vorsichtig nach außen umgeschlagen, wodurch die vorgenannten Nerven sicher im Weichteilmantel vor einer Traumatisierung geschützt sind. Anschließend erfolgen die Freilegen und Versorgung der kranial gelegenen Fraktur.

Rasse (1993) modifizierte diesen Zugang dahingehend, dass er den M. masseter nicht quer, sondern dem Faserverlauf entsprechend längs durchtrennte (Rasse *et al.*, 1993). Risiken der Nervschädigung, extendierte Narbenlänge, mäßig gute Übersicht und eine fehlende Eignung für mittelhohe bis hohe Frakturen sind die Nachteile dieses Vorgehens.



Abbildung 17: Periangularer Zugang (modifiziert Darstellung aus: Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis, Härle et al., Illustration A. Reinhardt, Georg Thieme Verlag) (Härle, 1999) Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. (emer.) Dr. Dr. F. Härle, Kiel.

### 1.6.2.3 Retromandibulärer Zugang

Beim retromandibulären Zugang, der nach seinem Erstbeschreiber auch „Ellis Approach“ (Ellis III and Dean, 1993) genannt wird, erfolgt ein etwa 20-25 mm langer Schnitt 5 mm unterhalb des Ansatzes des Lobulus auricularis parallel zur posterioren Kante des aufsteigenden Unterkieferastes (s. Abb.18).

Anschließend erfolgen die scharfe Eröffnung und die Fadenmarkierung der Parotiskapsel sowie die im Wechsel spitz-stumpfe transparotideale Vorpräparation mit der Präparationsschere bis auf den Unterkieferknochen. Hierbei erfolgt der Zugang zum Processus condylaris durch die Ohrspeicheldrüse zwischen Ramus marginalis und buccalis des Nervus facialis (s. Abb.18). Unter Hakenzug und sehr guter Sicht auf die Interessenregion erfolgt die Dissektion des Periostschlauches mit dem Skalpell, anschließend werden die Fragmente reponiert und verplattet. Auf

einen mehrschichtigen, speicheldichten Wundverschluss inklusive fortlaufender Naht der Parotiskapsel ist unbedingt zu achten. Vorteile dieses Eingriffes sind neben der guten Übersicht die kurze Distanz zum Frakturbereich sowie eine kleine und kosmetisch wenig auffällige Narbe. Nachteile des Zugangs nach Ellis sind die Risiken einer postoperativen Fazialis-Nervschädigung oder die Ausbildung einer temporären Speichelfistel. Darüber hinaus ist der Zugang ungeeignet zur Versorgung hoher oder diakapitulärer Frakturen. Mitunter kann es problematisch sein, ein stark medial luxiertes Fragment zu reponieren. Bei Patienten mit Adipositas kann aufgrund einer kräftig ausgebildeten Ohrspeicheldrüse die Übersicht erschwert sein.



Abbildung 18: Retromandibulärer Zugang (Links: Privatbild, Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. R. Loukota (Leeds, GB). Mitte und rechts: Archivbilder der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf)

#### 1.6.2.4 Präaurikulärer und aurikulärer Zugang

Der präaurikuläre Zugang erfolgt nach Wassmund in einer prätragalen Hautfalte, ähnlich einem Face-Lift-Schnitt und kann bis in den Schläfenbereich extendiert werden (Lindemann, 1937; Schuchardt and Wassmund, 1956). Man nähert sich dem Kiefergelenk von kranial unterhalb der Faszie des Musculus temporalis. Hierbei wird der Nervus facialis sicher geschont. Das Inserieren von Schrauben unterhalb der Fraktur kann diffizil sein. In diesen Fällen empfiehlt es sich den Zugang um eine

kleine transbukkale Stichinzision zu erweitern. Über einen Trokar lassen sich dann, die Schrauben orthograd einbringen. Der präaurikuläre Zugang eignet sich zur osteosynthetischen Versorgung hoher Kollum- oder Gelenkwalzenfrakturen sowie zur Diskusmanipulation. Nicht geeignet ist er für tiefer liegende Gelenkhals- oder Basisfrakturen. Sein Hauptrisiko besteht in einer potentiellen, stammnahen Fazialschädigung.

Rasse modifizierte den präaurikulären Zugang zum aurikulären (s. Abb. 20), wobei bei der Festlegung der Schnitfführung ein besonderes Augenmerk den entwicklungsgeschichtlichen Innervations- und Vaskularisationsgrenzen des Ohres galt (s. Abb. 19). Er verlegte den Hautschnitt auf die Innenseite der Traguskante entlang der Ohrhelix bis in die Temporalregion (Rasse *et al.*, 1993).

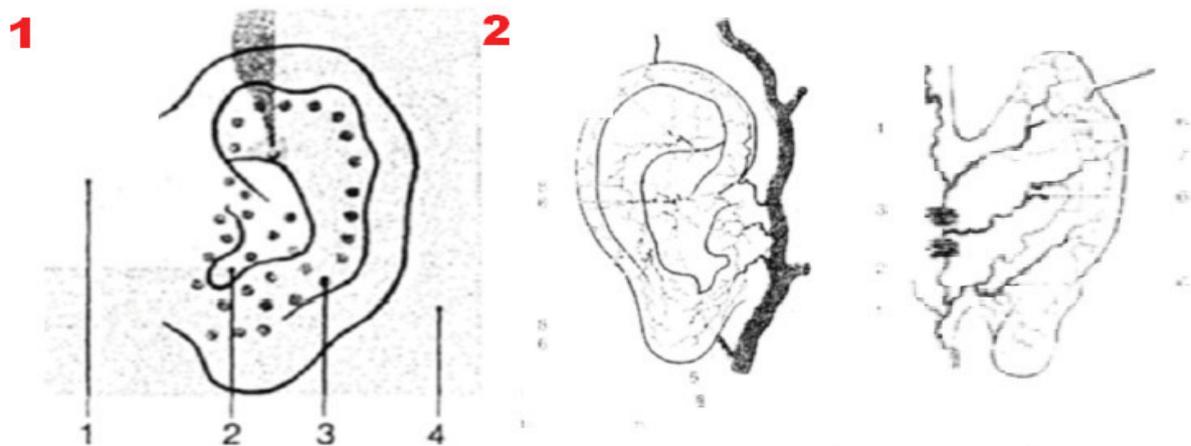


Abbildung 19: Bild 1: Sensorische Innervationsfelder der Ohrmuschel nach Cushing. Areal 1: Trigemini (N. auriculotemporalis), Areal 2: Innervationsfeld der Rr. auriculares n. vagi und des N. glossopharyngeus, Areal 3: vermutliches Feld des N. facialis, Areal 4: Zervikale Fläche, N. occipitalis minor und N. auricularis magnus; Bild 2: Arterien der Ohrmuscheln von anterior und posterior, im Bild: A. carotis externa, A. maxillaris, A. temporalis superficialis, Aa. auriculares anteriores, A. auricularis posterior, arkadenartige Anastomosen für die medialen Flächen, Rr. perforantes für die lateralen Flächen (Rasse *et al.*, 1993)



Abbildung 20: Aurikulärer Zugang und Reposition des Kapitulums (schematisch und in vivo) in der Variation nach Rasse (Rasse *et al.*, 1993)

### 1.6.2.5 Retroaurikulärer Zugang

Der retroaurikuläre Zugang (s. Abb. 21) nach Bockenheimer aus dem Jahre 1920 gewährt eine unerreicht gute Sicht auf die Gelenkanteile, jedoch auf Kosten der Gefahr einer postoperativen Gehörgangsstenose. Aus diesem Grund modifizierte Axhausen (1951) diesen Zugang indem er den Gehörgang innerhalb des Conchabereichs durchtrennte (Axhausen, 1931; Bockenheimer, 1922). Nach Neff war einer der Hauptgründe für die Konversion nach retroaurikulär der Wunsch nach mehr Übersicht, wie auch das Bedürfnis, die Sicherheit für den Nervus facialis zu erhöhen (Neff *et al.*, 2004). Der Zugang in seiner jetzigen Form -wie von Neff praktiziert- erfolgt über einen bogenförmigen retroaurikulären Schnitt, der quasi das gesamte Ohr von dorsal her ablöst. Der Gehörgang wird scharf durchtrennt. Nun folgt man dem knorpeligen Anteil des Gehörgangs von außen nach zentral. Unterhalb der tiefen Faszie des M. temporalis stößt man nun auf das Kiefergelenk, dessen Kapsel im posterioren Bereich eröffnet wird. Dank einer verbesserten Übersicht über den Fraktursitus von dorso-kaudal ist nun die exakte Reposition unter visueller Kontrolle möglich. Die Gefahr eines postoperativen Rotationsfehlers kann so reduziert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass der für die Stabilität des Kiefergelenks wertvolle laterale

Walzenpol samt Ansatz des Kapselbandapparats (Ligamentum laterale) geschont werden kann.

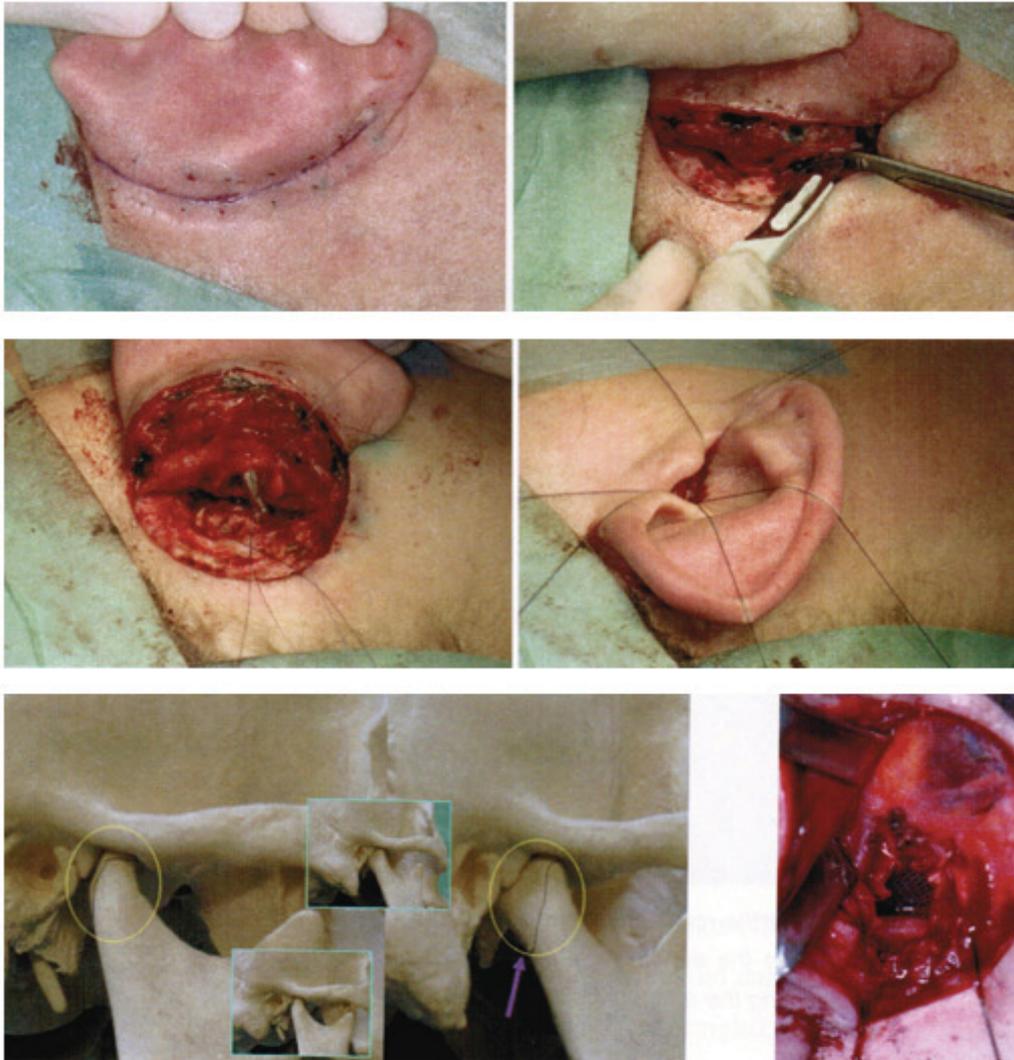


Abbildung 21: Retroaurikulärer Zugang (Bild oben links sowie unten rechts: Privatbilder mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Dr. A. Neff, Direktor der Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinik Marburg. Alle weiteren Bilder: (Kleinheinz *et al.*,2009). In: Fractures of the Mandibular Condyle. Mit freundlicher Genehmigung des Quintessenz Verlags, Berlin)

#### 1.6.2.6 Intraoraler/ enoraler Zugang

Der intraorale Zugang wurde erstmals 1925 von Silverman publiziert und beruht in seiner jetzigen Vorgehensweise auf den Erkenntnissen Steinhäusers (Silverman, 1925; Steinhäuser, 1964).

Hierbei erfolgt der Zugang von transoral durch eine Inzision der Mundschleimhaut im Bereich des enoralen Kieferwinkels. Der 40-50 mm lange Schnitt verläuft entlang der

---

Linea obliqua der Mandibula und wird nach kranial bogenförmig in die Wangenschleimhaut extendiert. Hierbei sind der Ausführungsgang und die Papille des Ductus parotideus (Stenon) zu schützen. Nach Elevation des Periostes mit dem Raspatorium erfolgt die Dissektion des M. masseter und M. temporalis an der Vorderkante des aufsteigenden Unterkieferastes. Anschließend wird der Frakturbereich von kaudal exploriert.

Vorteile der Operation von intraoral, sind ein minimales Risiko der Fazialisnervschädigung und eine Narbenbildung im nicht sichtbaren Bereich. Große Nachteile sind eine stark eingeschränkte Übersicht und die Indikationsbeschränkung auf tief gelegene Frakturen. Hier eignet sich der Zugang insbesondere für nach lateral oder medial luxierte extrakapsuläre Frakturen (Gerlach, 1999).

Für aus der Fossa herausluxierte Gelenkfortsatzbrüche werden alternative extraorale Vorgehensweisen bevorzugt.

Aufgrund des ungünstigen Osteosynthesewinkels ist man beim Verfahren von intraoral auf ein spezielles abgewinkeltes Instrumentarium nach Luhr/Fritzemeier (LF-Dreher und Bohrer) angewiesen. Bei sehr weit nach dorsomedial extendierten Unterkiefern kann es unter Umständen erforderlich sein, diesen Zugang um einen transbukkalen Schnitt zu erweitern. Hier kann auch die eingangs erwähnte Endoskopie zur besseren Übersicht beitragen.

#### **1.6.2.7 Endoskopisch assistierte operative Verfahren**

Die endoskopisch unterstützten operativen Verfahren zur Osteosynthese der Kiefergelenkfortsatzfraktur sind seit Ende der 1990er Jahre zunehmend Bestandteil verschiedener Forschungsprojekte mit zum Teil vielversprechenden Ergebnissen (Chen et al., 1999; Jacobovicz et al., 1998; Lauer and Schmelzeisen, 1999; Lee et al., 1996; Schon et al., 2002).

---

In der Regel handelt es sich hierbei um Kombinationsverfahren aus extraoralem (submandibulärem) oder enoralem Zugang, erweitert um die Verwendung einer flexiblen oder starren Optik (sog. Endoskop). Der endoskopisch assistierte Zugang führt zu einer Minimierung der postoperativen Narbenlänge sowie zu einer Reduktion des Nervschädigungsrisikos (Nervus facialis) (Schon et al., 2002).

Das Endoskop wird bei diesen Eingriffen in der Regel über den operativen Zugang (enoral/ submandibulär) eingebracht und subperiostal Richtung Fraktur vorgeschoben. Unter Sicht wird das proximale Fragment reponiert und osteosynthetisch fixiert. Das Vorhandensein spezieller Repositionshaken sowie gewinkelter Instrumente ist essentiell. Unter Umständen ist das Verfahren um einen transbukkalen Zugang zu erweitern.

## **1.7 Gelenkfortsatzfrakturen im Kindesalter**

Kiefergelenkfrakturen im Kindesalter sind überaus selten. Die Inzidenz dieser Frakturen wird in der internationalen Literatur mit 2-7% angegeben (Bochlogyros, 1985; Lindahl, 1977; Thoren *et al.*, 1992).

Aufgrund einer höheren osteo- bzw. chondrogenen Potenz besitzt das infantile Knochen- und Knorpelgewebe die Fähigkeit zum ‚Knochenremodelling‘ (Gundlach *et al.*, 1991).

Selbst Rotations- oder Dislokationsfehlstellungen können so in gewissen Grenzen sekundär ohne Funktionseinbußen kompensiert werden. Aus diesem Grunde gibt es nur wenige harte Indikationen für ein operatives Vorgehen im Kindesalter, zumal Langzeituntersuchungen der konservativen Therapie gute funktionelle Ergebnisse bescheinigen (Amaratunga, 1988; Feifel *et al.*, 1992; Gundlach *et al.*, 1991; Lammers *et al.*, 1983; Röthler *et al.*, 1996).

---

Ein weiterer Grund für die vorsichtige konservative Haltung bei Kindern besteht in der Befürchtung, durch eine Osteosynthese nahe der Proliferationszone Wachstumsstörungen zu induzieren (Amaratunga, 1988). Die Fähigkeit zur Kompensation durch ‚Remodelling‘ geht mit der Verringerung der Wachstumsrate in zunehmendem Alter verloren (Dahlstrom *et al.*, 1989; Lindemann, 1937; Zou *et al.*, 1987). Daher kann bei Adoleszenten auch die Indikation zur operativen Korrektur gegeben sein. Dahlströms über 15 Jahre geführte Longitudinalstudie konnte gute Resultate der konservativen Therapie bei Kindern bis zum 12. Lebensjahr zeigen. Ferner wurde evident, dass ältere Kinder nicht in jedem Fall von einer operationsaversen Haltung profitierten (Dahlstrom *et al.*, 1989).

Dahlströms Erkenntnisse decken sich mit den Ergebnissen von Altmann und Gundlach (Altmann and Gundlach, 1992), wobei diese als Altersgrenze ab der sie die Möglichkeit einer Operation in Betracht ziehen, das 8. Lebensjahr sahen. Gerade ein- oder beidseitige Luxationsfrakturen sind ihrer Meinung nach schon im Kindesalter operationswürdig. Die gleiche Auffassung vertritt Rasse bezogen auf Brüche, die mit einer Luxation einhergehen (Rasse *et al.*, 1991).

## **1.8 Zielsetzung**

Die Indikationen zur operativen Versorgung sowie die Versorgungsarten von Gelenkfortsatzfrakturen unterliegen einem steten Wandel der Zeit. Der fortwährende Fortschritt auf dem Gebiet der Osteosyntheseplattensysteme und die konsekutive Anpassung der Operationstechniken machen eine Neuurteilung bestehender Behandlungskonzepte erforderlich. Ziel dieser Arbeit war es, die Vielzahl vorhandener operativer und konservativer Versorgungsmöglichkeiten hinsichtlich ihrer Komplikationsträchtigkeit und ihrem funktionellen Endergebnis kritisch

gegenüberzustellen. Die Erkenntnisse der Untersuchung sollen im klinischen Alltag zur Erhöhung der Sicherheit für den Patienten führen und dem Arzt die Auswahl des Verfahrens erleichtern, mit dem das bestmögliche funktionelle und ästhetische Endergebnis für den Patienten erzielt werden kann.

## **2 Material und Methode**

### **2.1 Einschlusskriterien**

In unsere klinisch-retrospektive Studie wurden alle Patienten mit uni- oder bilateraler Unterkiefergelenkfortsatzfraktur eingeschlossen, die in der Westdeutschen Kieferklinik (WKK) zwischen 2005 und 2011 operativ oder konservativ versorgt wurden. Ebenso wurden alle Patienten mit Kombinationsbrüchen berücksichtigt.

### **2.2 Patientengut**

Über das klinikinterne Informationssystem Medico (Fa. Siemens) wurde anhand von Filtern und Suchmasken eine Patientendatenbank generiert. Über den jeweiligen OPS-Code und/ oder den ICD-10 Code wurden 367 Patienten präselektioniert, die im Zeitraum von Januar 2005 bis Januar 2011 in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Westdeutschen Kieferklinik wegen eines Bruches des Gelenkfortsatzes stationär behandelt wurden. Alle 367 Patienten wurden postalisch (Serienbrief s. Anhang) über die Möglichkeit einer kostenlosen klinischen Nachuntersuchung in Kenntnis gesetzt, verbunden mit der Bitte einen Nachuntersuchungstermin in unserer Ambulanz zu vereinbaren. 30 Patienten meldeten sich spontan, weitere 76 Patienten konnten telefonisch zu einer Nachuntersuchung bewegt werden. Eine Patientin mit Kiefergelenkfortsatzfraktur war aufgrund einer Pseudarthrosebildung und persistierender Funktionsstörungen alio loco zweimal über einen retromandibulären Zugang operiert worden. Postoperativ beklagte diese Patientin die Entstehung einer iatrogenen Fazialisparese. Die Patientin wurde zunächst untersucht und in unsere Studie aufgenommen, musste jedoch aufgrund der Fremdversorgung sekundär ausgeschlossen werden. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden somit 105 Patienten in die Studie

---

eingeschlossen. Bei diesen lagen insgesamt 111 ehemalige Frakturen vor. Die Studienteilnehmer wurden radiologisch und klinisch-funktionell begutachtet. Die Nachuntersuchung fand durchschnittlich 30,8 Monate (2,8-80,5) nach Traumaversorgung statt, das mittlere Patientenalter lag bei 38,2 Jahren (12-79).

### **2.3 Datenerfassung**

Die erhobenen Daten wurden in einer Excel-Datenbank (Excel 2010, 14.0, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) kodiert hinterlegt. Der Vorteil einer solchen Datenbank ist es, bereits innerhalb der Datenbank einfache Berechnungen vornehmen zu können, und diese graphisch, tabellarisch oder in Textform darstellen zu können. Ferner lassen sich anhand von Filtern Subgruppen identifizieren und isoliert auswerten. Für komplexe Berechnungen sind Schnittstellen vorgesehen, um die Daten in spezifische Statistikprogramme exportieren zu können.

### **2.4 Untersuchungen**

Die Nachuntersuchung verlief standardisiert immer durch denselben Untersucher, und umfasste neben Aktenrecherche, klinischer Funktionsdiagnostik, Anfertigung und Auswertung von Röntgenbildern die Erhebung eines personalisierten Befundbogens (s. Anhang). Der Befundbogen wurde unter Berücksichtigung der Literatur konzipiert, sodass alle relevanten Interessengebiete ausreichend repräsentiert waren (Choi and Yoo, 1999; Eckelt *et al.*, 2006; Ellis III *et al.*, 2000b; Klatt *et al.*, 2010; Landes and Lipphardt, 2006). Nach der computergestützten Identifizierung des Patientenguts und erfolgreicher Rekrutierung des Patienten erfolgte zunächst in einem ersten, aktenbasierten Teil die Erhebung der personenbezogenen Daten wie Alter, Geschlecht, Traumaursache und Zeitpunkt

---

sowie Datum der Frakturversorgung. Anhand von OP-Berichten und Röntgenbildern wurden, wie im Folgenden erläutert, der Frakturtyp nach Spiessl und Schroll (Spiessl and Schroll, 1972) sowie Loukota und Rasse ermittelt (Loukota *et al.*, 2005). Darüber hinaus erfolgte die Feststellung der Versorgung (operativ vs. konservativ) unter besonderer Würdigung des Zugangsweges (submandibulär, retromandibulär, präaurikulär, retroaurikulär, enoral) sowie der verschiedenen Osteosyntheseplattensysteme. Ferner wurden Anzahl der Stützzonen, präoperative Kiefergelenksbeschwerden, Art und Dauer der intermaxillären Fixation u.v.m erfasst (Befundbogen s. Anhang).

In einem zweiten Teil erfolgte die klinische Nachuntersuchung der Probanden auf Basis des Befundbogens in Kombination mit der Funktionsanalyse nach Helkimo (Helkimo, 1974; Hlawitschka and Eckelt, 2002b) sowie eine radiologischen Kontrolle. Ferner erfolgte die Erhebung des Bewegungsumfanges (Protrusion, Laterotrusion, maximale Mundöffnung, Deviation bei der Mundöffnung, Limitationen), von Kiefergelenksgeräuschen, die Feststellung der Schmerzhaftigkeit von Bewegung, die Funktionsprüfung des Nervus facialis sowie eine Kontrolle der Okklusion. Darüber hinaus wurde auf das Vorhandensein von Speichelfisteln geachtet und die postoperative Narbenlänge bestimmt.

#### **2.4.1 Klinische Nachuntersuchung**

Im Rahmen der befundblattbezogenen Datenerhebung erfolgten unter anderem die Feststellung von Mundöffnung, Wundheilung, Speichelfistelbildung, Fazialischädigung, okklusaler Dysfunktion und Narbenbildung (s. Befundbogen Anhang).

### **2.4.2 Funktionsanalyse nach Helkimo**

Die klinische Nachuntersuchung wurde ergänzt um die Funktionsuntersuchung nach Helkimo (Helkimo, 1974). Ursprünglich nicht zur Erfassung von Funktionsstörungen nach Frakturen gedacht, hat Helkimo dieses standardisierte Untersuchungsverfahren 1974 zur Erfassung von Dysfunktionen vorgestellt.

Aufgrund einer besseren Vergleichbarkeit der Studien hat sich die Erhebung des Helkimo-Indexes international in der Kiefergelenksdiagnostik nach Frakturen etabliert.

Die Analyse umfasst die Feststellung von folgenden fünf Symptomkomplexen:

- Mobilitätsumfang (Pro-, Laterotrusion, Mundöffnung)
- Kiefergelenksfunktion (Deviation, Gelenkgeräusche, Sperre, Luxation)
- Schmerzhaftigkeit der Kaumuskulatur (Druckempfindlichkeit der Muskeln)
- Bewegungsschmerz
- Palpationsschmerz des Kiefergelenkes (Schmerzen bei lateraler/posteriorer Kiefergelenk-Palpation)

Den einzelnen Symptomkomplexen werden je nach Schweregrad Punkte zugeteilt, die Summe der Punkte ergibt den Dysfunktionsgrad D0-DIII.

### **2.4.3 Radiologische Untersuchung**

Die radiologische Diagnostik umfasste die standardisierte Auswertung der prä- und postoperativen Röntgenbilder. Mindestanforderung an die radiologische Auswertung war das Vorliegen prä- und postoperativer Unterkieferübersichtsaufnahmen (Orthopantomogramm, Syn.: OPTG) sowie kranial-exzentrisch angefertigter Schädel-p.a.-Übersichtsaufnahmen (Clementschtsch, Syn.: SPA 15°).

Darüber hinaus verfügbare computertomographische Bilder wurden ebenfalls unter Zuhilfenahme digitaler Messmethoden ausgewertet. Zunächst erfolgte die Bestimmung des Frakturtypus anhand der präoperativen Bilder entsprechend der oben genannten Klassifikationen. Hierzu wurden, in Anlehnung an Eckelt und Rasse (Eckelt and Rasse, 1995), die Frakturhöhe, die Achsabweichung und die Ramushöhe, nach der Methode Lindqvists und Lizukas (s. Abb. 22) (Lindqvist and Lizuka, 1999) ermittelt.

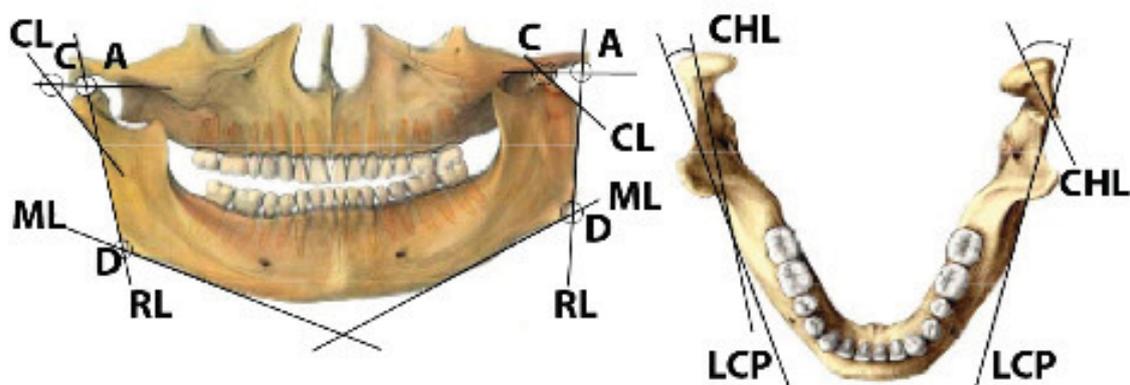


Abbildung 22: Winkel und Strecken zum Durchmessen von OPTG und Clementschitsch-Aufnahmen, CL=Collum-Caputlinie, RL=Ramuslinie, D=Kieferwinkel, C=Capitulum, ML=Mandibularlinie  
Aus: Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis, F. Härle (Hrsg.). Georg Thieme Verlag. (Lindqvist and Lizuka, 1999). Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. (emer.) Dr. Dr. F. Härle, Kiel.

Zur Quantifizierung des Dislokationsgrades in der Sagittalebene wurde der Winkel zwischen der Ramuslinie (RL) und der Collum-Caputlinie (CL) im OPTG ermittelt. Um das Ausmaß einer medialen oder lateralen Dislokation bestimmen zu können erfolgte die Winkelmessung zwischen den Linien LCP (Linie durch den Ramus) und CHL (Gerade durch die Längsachse des kleinen Fragmentes) in der SPA 15°-Aufnahme. Zur Erfassung der vertikalen Ramushöhe erfolgte die beidseitige Längenmessung der Strecke D/C im OPTG. Die so ermittelten Daten wurden mit den Bildern der postoperativen Röntgenkontrolle sowie mit den Bildern der Nachuntersuchung verglichen.

---

Zusätzlich erfolgte eine morphologische Begutachtung des Gelenkfortsatzes, wobei speziell auf Arthrose-Stigmata geachtet wurde. Diese sind:

- subchondrale Sklerosierung
- osteophytäre Randzackenbildung
- Zystenbildung (sog. Geröllzysten)
- Gelenkspaltverschmälerung
- Verplumpung des Gelenkfortsatzes
- Abflachung des Gelenkfortsatzes

Da es sich bei den Dentalröntgenaufnahmen um vergleichende Messungen handelte wurde der Vergrößerungsfaktor von 1,2 unberücksichtigt gelassen.

## **2.5 Statistische Auswertungen**

Die statistische Auswertung erfolgte zunächst mit Hilfe der genannten Excel-Datenbank. Zur Berechnung komplexerer statistischer Fragestellungen wurde die Datenbank in SPSS 19.0 (IBM Corporation, New York, USA) migriert und die Rohdaten dort in Relation zu einander gesetzt. Verschiedene Auswertungsparameter wurden in Kreuztabellen gegenübergestellt und mittels Chi-Quadrat-Test nach Pearson und Kurskal-Wallis-Test hinsichtlich statistisch signifikanter Unterschiede verglichen. Ein p-Wert kleiner 0,05 wurde als statistisch signifikant betrachtet.

## **2.6 Ethikantrag**

Das Studienprotokoll zu dieser Studie mit Studiennummer 3883 wurde der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität zur Prüfung vorgelegt. Am 15.06.2012 befand die Kommission, dass weder ethische noch rechtliche Bedenken gegen die Durchführung der Studie sprechen.

### 3 Ergebnisse

In der Zeit vom 01.01.2005 - 01.01.2011 wurden 385 Patienten mit uni- oder bilateraler Kiefergelenkfortsatzfraktur in der Westdeutschen Kieferklinik (WKK) stationär behandelt. 105 Patienten mit 111 Frakturen konnten im Rahmen dieser Studie nachuntersucht werden.

Hierbei betrafen 25 Frakturen das weibliche Geschlecht, mit einem mittleren Erkrankungsalter von 45 Jahren (min. 12 J./ max. 78 J.). 86 Patienten waren Männer, mit einem durchschnittlichen Alter von 36 Jahren (min. 16 J./ max. 79 J.). Das mittlere Patientenalter bezogen auf das Gesamtkollektiv betrug 38 Jahre. Es ergab sich eingeschlechtsspezifisches Verteilungsverhältnis von 3,4 zu 1 (m/w). Gemäß der Einteilung nach Spiessl und Schroll lagen 33 Typ I Frakturen, 47 Typ II Frakturen, 13 Typ III Frakturen, 3 Typ IV Frakturen, 3 Typ V Frakturen und 12 Typ VI Frakturen vor (s. Abb. 23, Frakturverteilung).

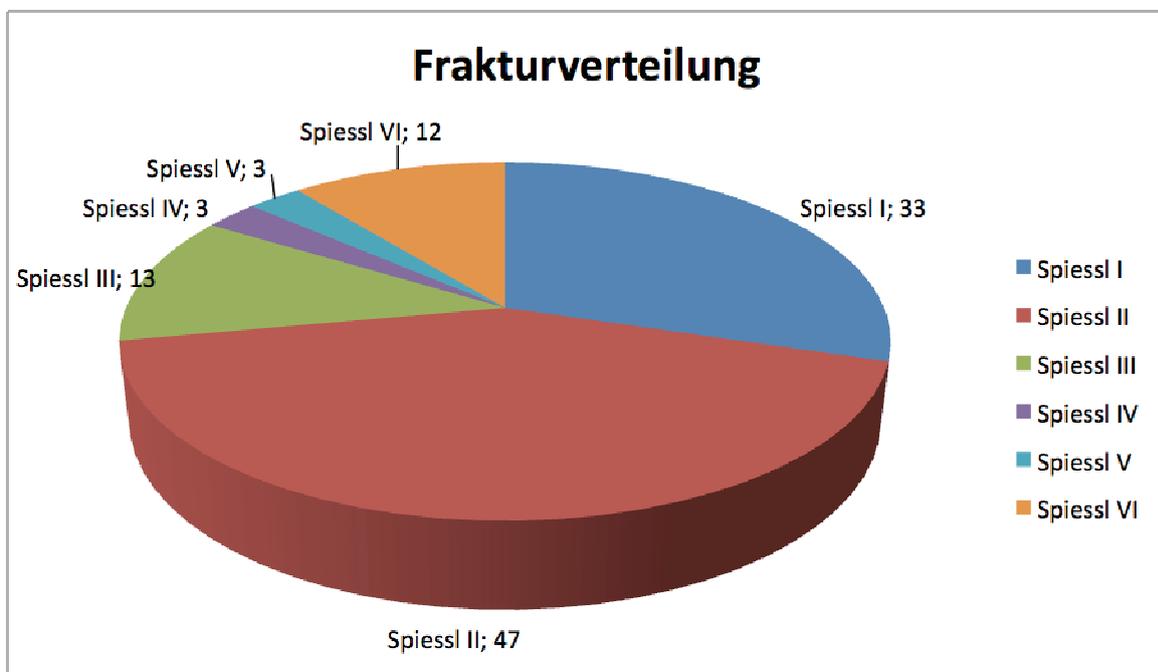


Abbildung 23: Frakturverteilung im Gesamtkollektiv nach Spiessl und Schroll (n=111)

Hauptsächlich für die Entstehung von Kiefergelenkfortsatzfrakturen waren Rohheitsdelikte (35 %), gefolgt von Sturzereignissen (30 %). Radstürze waren der Grund für 19 Prozent aller Frakturen, sonstige Straßenverkehrsunfälle hatten mit 6 Prozent eine eher untergeordnete Rolle bei der Frakturentstehung. In 10 Prozent der Fälle war ein Sportunfall verantwortlich.

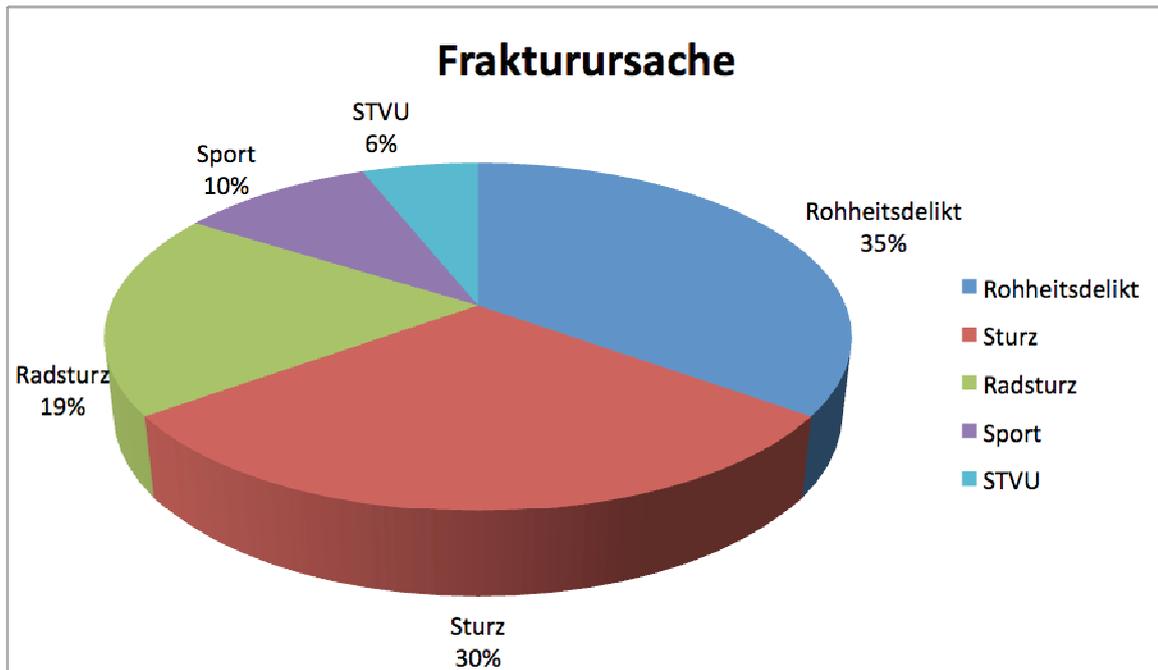


Abbildung 24: Ursachenverteilung der Unterkiefergelenkfortsatz im Patientengut der WKK

Unter Berücksichtigung der geschlechtsspezifischen Verteilung ist zu erwähnen, dass Kiefergelenkfrakturen im Zusammenhang mit Rohheitsdelikten überwiegend bei Männern auftraten (97 % aller Rohheitsdelikte), wohingegen Frauen vor allem von Sturzereignissen oder Radstürzen betroffen waren (s. Abb. 24, Frakturursachen).

In der Reihenfolge der Häufigkeiten ergab sich daher für die Frakturursache bei Männern: Rohheitsdelikte > Stürze > Radstürze > Sportverletzungen > Straßenverkehrsunfälle (s. Abb. 25).

Für Frauen galt diesbezüglich: Stürze > Radstürze > Sportverletzungen > Straßenverkehrsunfälle + Rohheitsdelikte (s. Abb. 25).

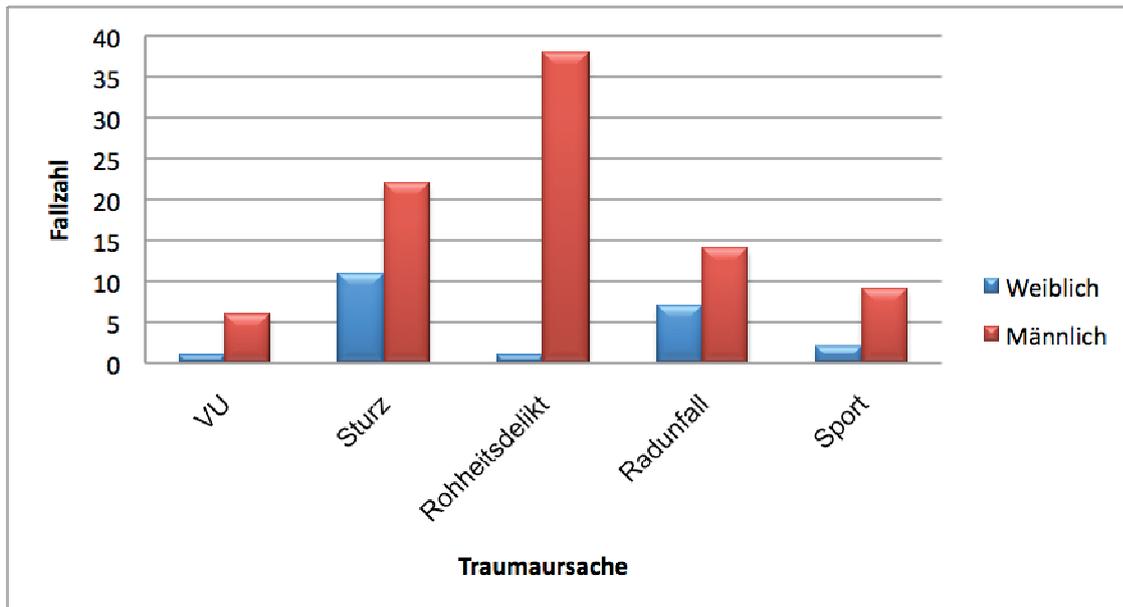


Abbildung 25: Diagramm zur geschlechtsspezifischen Verteilung der Frakturursachen

92 Patienten (83 %) beklagten eine initiale Okklusionsstörung nach dem Trauma. Drei (2,7 %) Patienten gaben an, bereits präoperativ Kiefergelenkbeschwerden gehabt zu haben.

Bezüglich der präoperativen Bildgebung ist festzustellen, dass 13 Patienten über eine dreidimensionale Bildgebung (CT und/ oder DVT), 57 Patienten über konventionelle Röntgenbilder (OPG und NNH), und 41 Patienten über beides (CT/DVT und OPG und NNH) verfügten.

Von 111 untersuchten Frakturen zeigten sich 71 (64,5 %) Brüche disloziert oder luxiert, wohingegen 40 (35,5 %) Brüche nicht verschoben waren. Die mediale Dislokation war mit 74,6 Prozent (n=53) die häufigste Dislokationsform, gefolgt von der lateralen und der posterioren Dislokation mit jeweils 11,3 Prozent (n=8). Die anterioren Dislokationen hatte einen Anteil von 2,8 Prozent (n=2) an den Gesamtdislokationen.

Insgesamt erfolgte die osteosynthetische Versorgung von 83 Patienten, wobei 38 Patienten über einen submandibulären Zugang, 28 über einen retromandibulären

Zugang, 14 Patienten von enoral und 3 Patienten von präaurikulär versorgt wurden (Vgl.Tab. 7).

Klassifikation	RM	PA	SM	IO	KT	total
Spiessl I ( Fraktur ohne Dislokation)	7	0	7	9	10	33
Spiessl II (Tiefe Kollumfraktur mit Dislokation)	15	1	25	5	1	47
Spiessl III (Hohe Kollumfraktur mit Dislokation)	2	1	5	0	5	13
Spiessl IV (Tiefe Kollumfraktur mit Luxation)	3	0	0	0	0	3
Spiessl V (Hohe Kollumfraktur mit Luxation)	1	0	1	0	1	3
Spiessl VI (Fraktur des Gelenkwalze)	0	1	0	0	11	12
total	28	3	38	14	28	111

Tabelle 7: Diversifikation der Zugangsarten auf die unterschiedlichen Frakturtypen in Anlehnung an Spiessl und Schroll. RM= Retromandibulärer Zugang, PA= Präaurikulärer Zugang, SM= Submandibulärer Zugang, IO= Intraoraler Zugang, KT= Konservative Therapie

Da die Patienten der Spiessl-Gruppen II und IV sowie III und V bezüglich des chirurgischen Zugangswegs und der OP-Indikation jeweils identisch behandelt werden sowie aus Gründen der besseren statistischen Auswertbarkeit erfolgte eine Zusammenfassung der tiefen Kollumfrakturen der Spiessl Gruppen II und IV zur modifizierten Spiessl Gruppe 2. Ferner erfolgte eine Integration der hohen Kollumfrakturen der Spiessl Gruppen III und V in die modifizierte Spiessl Gruppe 3. Die Spiessl Gruppe VI wurde somit zur modifizierten Spiessl Gruppe 4. Die Spiessl Gruppe I wurde nicht verändert (Vgl. Tab. 8).

Modifizierte Klassifikation	Anzahl (%)
Gruppe 1 (Typ I)	33 (29.7%)
Gruppe 2 (Typ II & IV)	50 (45.0%)
Gruppe 3 (Typ III & V)	16 (14.4%)
Gruppe 4 (Typ VI)	12 (10.8%)
Gesamt	111 (100%)

Tabelle 8: Modifizierte Einteilung nach Spiessl und Schroll. Verteilung der einzelnen Frakturen auf die modifizierten Spiessl und Schroll Gruppen 1-4.

Zugänge	Modifizierte Frakturgruppen				
	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gesamt
Retromandibulär	7	18	3	-	28
Präaurikulär	-	1	1	1	3
Submandibulär	7	25	6	-	38
Intraoral	9	5	-	-	14
Konservativ	10	1	6	11	28
Total	33	50	16	12	111

Tabelle 9: Verteilung der unterschiedlichen Verfahren auf die modifizierten Spiessl Gruppen 1-4. Die Tabelle zeigt die Anzahl behandelter Frakturen in den Gruppen 1-4 in Anhängigkeit vom therapeutischen Verfahren.

41 Frakturen wurden durch Miniplatten der Firma Stryker (Stryker GmbH & Co. KG, Duisburg, Deutschland) versorgt, 23 Patienten durch ein Plattensystem der Firma Medartis (MODUS 2.0, Medartis AG, Basel, Schweiz) und 2 Patienten durch eine Kombination aus Zugschraube und Platte (Würzburger-Titanzugschraube, Leibinger GmbH & Co KG, Freiburg, Deutschland). Innerhalb der verwandten Systeme kamen unterschiedliche Plattendesigns zum Einsatz, die genaue Verteilung ist der beigefügten Tabelle zu entnehmen (s. Tabelle 10, Osteosyntheseplatten).

Anzahl & Plattentypus	behandelte Frakturen	OSM-Frakturen	OSM-Lockerung
1 x Miniplatte (Stryker)	41	2 (beide Spiessl II Frakturen)	3 (alles Spiessl II)
1 x TriLock Modus 2.0 (Medartis)	23		5 (2x Spiessl I, 2x Spiessl II, 1x Spiessl IV)
1 x Würzburger Zugschraube	2		
2 x Miniplatte (Stryker)	10		
Andere	7		
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>2</b>	<b>8</b>

Tabelle 10: Verteilung der Plattensysteme und deren Komplikationen. OSM= Osteosynthesematerial. Gezeigt wird die Anzahl der osteosynthetisch behandelten Frakturen (n=83) in Abhängigkeit von den verwandten Plattensystemen, sowie die Häufigkeit von Osteosynthese-Misserfolgen (OSM-Lockerung oder OSM-Frakturen). Alle Osteosynthese-Komplikationen hatten funktionelle Beeinträchtigungen zur Folge. Drei Misserfolge führten nach Helkimo zu leichten Dysfunktionen (D1), vier zu mittelgradigen dysfunktionellen Beschwerden (D2). Vgl. Tab. 12

Wie in Tabelle 10 dargestellt, galten das Vorliegen von Plattenfrakturen oder Osteosynthesematerial-Lockerungen (s. Abb. 26 - 28) als postoperative Komplikationen. Es ließen sich zwei Fälle von Plattenfrakturen bei Spiessl Typ II Frakturen erheben. In beiden Fällen handelte es sich um die grazileren Platten der Firma Stryker. Ferner fanden sich im Rahmen der Studie acht Fälle von Osteosynthesematerial-Lockerungen, von denen fünf das stärker dimensionierte TriLock® Modus 2.0 System der Firma Medartis betrafen und drei die Miniosteosyntheseplatten der Firma Stryker.

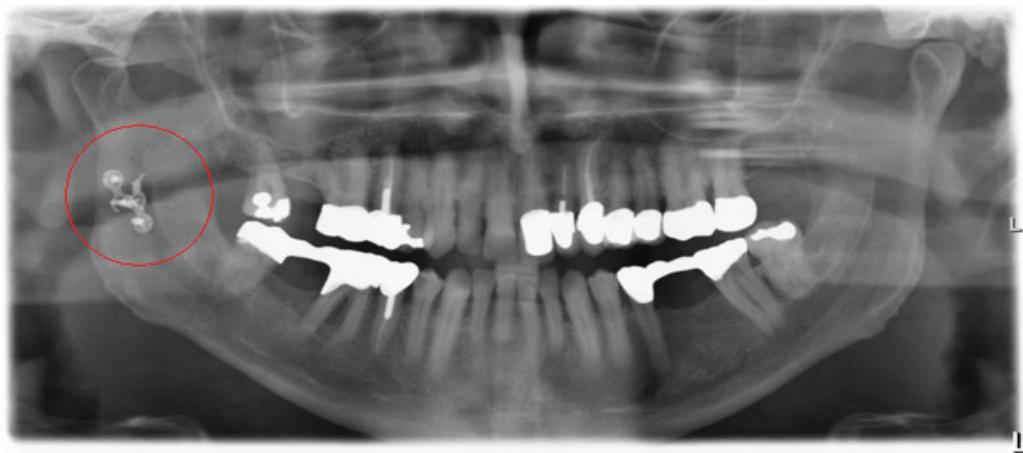


Abbildung 26: OPTG mit der Komplikation einer Plattenfraktur nach Osteosyntheseverfahren mit einer Unterkieferfrakturenplatte der Firma Stryker (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010)

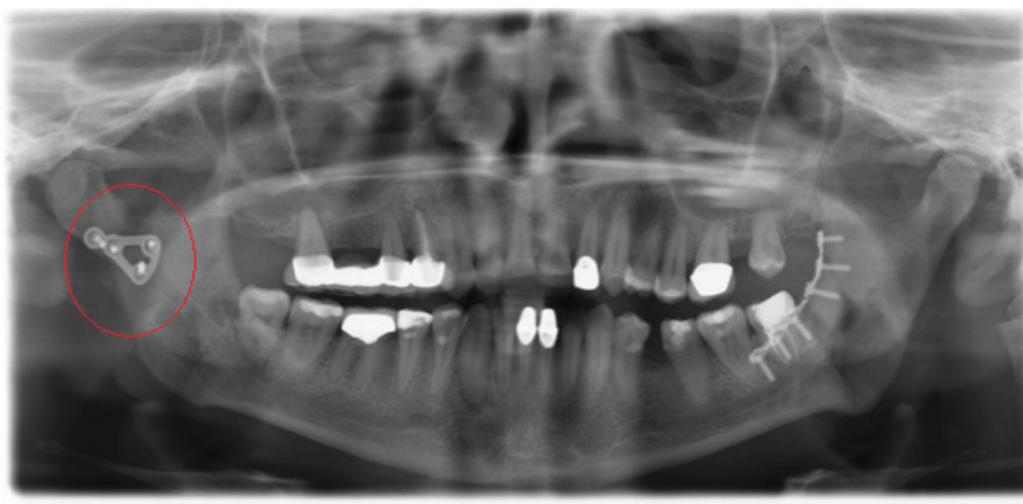


Abbildung 27: OPTG mit der Komplikation einer Osteosynthesemateriallockerung (2mm TriLock® Platte, Fa. Medartis) (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010)



Abbildung 28: SPA 15% Komplikation der Osteosynthesematerial-Lockerung (2mm TriLock® Platte, Fa. Medartis) (selber Patient wie Abb. 27) (Archivbild der Westdeutschen Kieferklinik des Universitätsklinikums Düsseldorf, 2010)

Bezogen auf die unterschiedlichen Versorgungsarten bzw. chirurgischen Zugangswege ließen sich die in der folgenden Tabelle (s. Tab. 11) dargestellten Komplikationen feststellen:

Zugänge	Total	Komplikationen				
		Großes Hämatom	Temporäre Fazialis-Nervläsion	Permanente Fazialis-Nervläsion	Temporäre Speichelfistel	Narbenhypertrophie
RM	28	5	6	1	4	5
PA	3	3	1	1	0	1
SM	38	4	4	4	1	13
IO	14	1	1	0	0	0
KT	28	1	0	0	0	0
p-Wert		0.000	0.041	0.041	0.070	0.017

Tabelle 11: Komplikationen in Abhängigkeit vom operativen Verfahren. RM= Retromandibulärer Zugang, PA= Präaurikulärer Zugang, SM= Submandibulärer Zugang, IO= Intraoraler Zugang, KT= Konservative Therapie. Man sieht die Anzahl der Frakturen in Bezug auf das versorgende Verfahren und deren Komplikationen. Es erfolgte die p-Wert Ermittlung auf Basis des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson. Ein p-Wert kleiner 0,05 wurde als statistisch signifikant angenommen.

---

Es zeigten sich signifikant mehr temporäre Gesichtsnervlähmungen (N. facialis, Hirnnerv VII) in den von retromandibulär oder submandibulär operierten Patientengruppen ( $p=0,041$ ).

Ferner ergab die statistische Auswertung für den submandibulären Zugangsweg gegenüber den übrigen therapeutischen Verfahren ein signifikant höheres Risiko für einen permanenten Fazialisnervschaden ( $p=0,041$ ).

Signifikante Unterschiede in der Inzidenz von Wundheilungsstörungen bezogen auf die unterschiedlichen Operationsverfahren ließen sich nicht eruieren.

Die weitere statistische Auswertung ergab eine zeitliche Latenz von 2,97 (min. 0/ max. 15) Tagen zwischen Trauma und operativer Versorgung.

Im Rahmen der Versorgung erfolgte die mandibulo-maxilläre-Fixation (MMF) in 51 Fällen durch die Verwendung einer Drahtbogen-Kunststoffschiene (DKS) nach Schuchhardt, in 35 Fällen durch die Versorgung mit IMF-Schrauben (Stryker GmbH & Co. KG, Duisburg, Deutschland). Bei 25 Patienten wurden auf eine MMF verzichtet. Von 28 Patienten, die wegen einer uni- oder bilateralen Gelenkfortsatzfraktur konservativ behandelt wurden, wurden 23 Patienten mittels Schrauben- oder DKS-MMF immobilisiert. Die durchschnittliche MMF Dauer im konservativ behandelten Patientengut lag bei 28,3 (min. 6/ max. 120) Tagen. 63 Patienten wurden durch eine Kombination aus Osteosynthese und Schienung (Schrauben oder Schuchardt-Schienung) therapiert. Hierbei lag die durchschnittliche MMF-Dauer bei 24 (min. 0/ max. 180) Tagen. Die geringe Diskrepanz im Hinblick auf die mandibulo-maxilläre-Fixationsdauer ließ sich retrospektiv durch lange Schienungsintervalle einiger polytraumatisierter Patienten mit ausgeprägten Mittelgesichts- und Unterkieferverletzungen (sog. panfaziale Frakturen) sowie langzeitbeatmeter Patienten, erklären. Darüber hinaus ließ sich rückblickend anhand der Ambulanzakte nicht immer das exakte Datum der Aufhebung der Immobilisation

---

(Entfernung der mandibulo-maxillären-Gummizüge) eruieren, wohl aber das Datum der Schienen- oder Schraubenentfernungen. Zum Zwecke der besseren Vergleichbarkeit wurde daher die MMF-Dauer mit der Gesamtragedauer der Schienen oder Schrauben gleichgesetzt, wohl wissend, dass in der an unserer Klinik üblichen Praxis die Gummizüge in der Regel eine Woche vor Schienenentfernung entfernt werden. Die MMF-Dauer bei Einfachfrakturen betrug im Mittel 11 (min. 0/ max. 35) Tage. Eine MMF-Dauer von 0 Tagen kam dadurch zustande, dass Patienten zwar intraoperativ geschient wurden, postoperativ aus verschiedenen Gründen jedoch keiner Fixierungstherapie zugeführt werden konnten. 20 Patienten wurden allein osteosynthetisch versorgt, also ohne anschließendes Schienungsintervall.

### **3.1 Statistische Auswertung der klinischen Nachuntersuchung**

Das durchschnittliche Nachuntersuchungsintervall lag bei 29 (min. 2,5/ max. 78) Monaten. Bei der klinischen Nachuntersuchung anhand des im Anhang befindlichen Untersuchungsbogen ergab sich eine mittlere Mundöffnungsfähigkeit von 47 (min. 24/ max. 67 mm) Millimetern. Die durchschnittliche Protrusionsfähigkeit aus der Ruheschwebelage ergab einen Wert von 6,2 (min. 1/ max. 15 mm) Millimetern. Die mittlere Laterotrusion nach rechts betrug 8,3 (min. 0/ max. 18 mm) Millimeter und 8,7 (min. 0/ max. 18 mm) Millimeter nach links. Bleibende Okklusionsstörungen ließen sich in 17 Fällen erheben. Hiervon lagen retrospektiv betrachtet bei 13 Patienten Mehrfachfrakturen und bei 2 Patienten Unterkiefertrümmerfrakturen vor.

Eine konsekutive, permanente Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des dritten Astes des Nervus trigeminus (N. V 3) ließ sich in sechs Fällen erheben. Von den erwähnten sechs Fällen ließen sich vier Patienten einem submandibulären, ein

---

Patienten einem retromandibulären Zugang und ein Patient einem präaurikulären Verfahren zuordnen.

Im Rahmen der Nachuntersuchung ließ sich in keinem Patientenkollektiv eine persistierende permanente Fistel finden (s. Tabelle. 11, Komplikationen in Abhängigkeit vom operativen Verfahren).

Das zuvor festgestellte individuelle Risiko eine operationsbedingte Gesichtsnervenläsion zu erleiden, konnte durch die Analyse der Nachuntersuchungsbefunde bestätigt werden. Es zeigte sich, dass der submandibuläre Zugang statistisch signifikant schlechtere Ergebnisse in Bezug auf eine mögliche permanente Schädigung des Nervus facialis liefert und mit einem erhöhten Risiko einer postoperativen Narbenhypertrophie einhergeht. Darüber hinaus sind die extraoralen Narben für den submandibulären ( $55 \pm 12$  mm) und den präaurikulären ( $58 \pm 8$  mm) Zugang signifikant länger als für den retromandibulären, transparotidealen Zugang ( $30 \pm 8$ ;  $p < 0,001$ ) (s. Tabelle 11, Komplikationen in Abhängigkeit vom operativen Verfahren).

Die operative Materialentfernung (ME) war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in 37 von 83 Fällen bereits erfolgt.

Bezogen auf die subjektive Patientenzufriedenheit, bewerteten 83 Probanden diese positiv, 12 Probanden negativ und 16 Probanden hatten eine indifferente Meinung zu ihrem postoperativen Ergebnis.

### **3.2 Auswertung der klinischen Funktionsprüfung**

Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte bei 111 Patienten die Erhebung des Dysfunktionsgrades anhand des Helkimo-Indexes. Um das funktionelle Ergebnis der einzelnen therapeutischen Verfahren in Bezug setzen zu können, mussten die

präoperativen Diagnosen berücksichtigt werden. Zu diesem Zwecke wurden die einzelnen Patientenkollektive unter Berücksichtigung der non-operativen und operativen Verfahren miteinander verglichen. Überraschenderweise konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen therapeutischen Verfahren und dem Dysfunktionsgrad nach Helkimo festgestellt werden ( $p > 0,05$ ). Aufgrund der höheren Fallzahl in den Patientenkollektiven 1 und 2 bestand Grund für die Annahme, dass keine funktionellen Unterschiede zwischen einer konservativen Behandlung und der operativen Versorgung wenig dislozierter Frakturen (Spiessl Typ I) und der operativen Therapie dislozierter (Spiessl Typ II) und luxierter (Spiessl Typ IV) tiefer Kollumfrakturen existieren.

Ungeachtet der variablen Zugangswege ergab der direkte Vergleich der Patientenkollektive untereinander signifikante Unterschiede für alle vier Gruppen. So waren intrakapsuläre Frakturen signifikant häufiger mit postoperativen dysfunktionellen Beschwerden verbunden (Vgl. Tabelle 12 + 13), wobei diese fast ausschließlich konservativ (92 % (11/12)) behandelt wurden.

	Total	Helkimo Dysfunktions-Index			
		Di0 Keine Dysfunktion	Di1 Geringe Dysfunktion	Di2 Mäßige Dysfunktion	Di3 Schwere Dysfunktion
Gruppe 1	33	9	18	3	3
Gruppe 2	50	15	23	10	2
Gruppe 3	16	3	8	5	0
Gruppe 4	12	0	4	8	0

Tabelle 12: Funktionelles Ergebnis in Abhängigkeit von der Diagnosegruppe. Dargestellt sind die Anzahl der Frakturen in Abhängigkeit von der jeweiligen Diagnosegruppe 1-4 und dem Dysfunktionsgrad. Merke: der Chi-Quadrat-Test weist signifikante Unterschiede zwischen allen Gruppen nach ( $p = 0.014$ ). Darüber hinaus bestehen signifikante Unterschiede zwischen Gruppen 2 und 4 sowie 3 und 4.

## Spiessl Typ I

	Dysfunktions-Index nach Helkimo				
Zugangsart	0	I	II	III	total
RM	2	3	1	1	7
PA	0	0	0	0	0
SM	1	4	1	1	7
EN	4	5	0	0	9
CR	2	6	1	1	10
total	9	18	3	3	33

## Spiessl Typ II

	Dysfunktions-Index nach Helkimo				
Zugangsart	0	I	II	III	total
RM	5	5	5	0	15
PA	0	0	0	1	1
SM	6	16	3	0	25
EN	2	2	1	0	5
CR	1	0	0	0	1
total	14	23	9	1	47

## Spiessl Typ III

	Dysfunktions-Index nach Helkimo				
Zugangsart	0	I	II	III	total
RM	1	1	0	0	2
PA	0	1	0	0	1
SM	2	2	1	0	5
EN	0	0	0	0	0
CR	0	2	3	0	5
total	3	6	4	0	13

## Spiessl Typ IV

	Dysfunktions-Index nach Helkimo				
Zugangsart	0	I	II	III	total
RM	1	0	1	1	3
PA	0	0	0	0	0
SM	0	0	0	0	0
EN	0	0	0	0	0
CR	0	0	0	0	0
total	1	0	1	1	3

## Spiessl Typ V

	Dysfunktions-Index nach Helkimo				
Zugangsart	0	I	II	III	total
RM	0	1	0	0	1
PA	0	0	0	0	0
SM	0	1	0	0	1
EN	0	0	0	0	0
CR	0	0	1	0	1
total	0	2	1	0	3

## Spiessl Typ VI

	Dysfunktions-Index nach Helkimo				
Zugangsart	0	I	II	III	total
RM	0	0	0	0	0
PA	0	0	1	0	1
SM	0	0	0	0	0
EN	0	0	0	0	0
CR	0	4	7	0	11
total	0	4	8	0	12

Tabelle 13: Funktionelle Ergebnisse in Anhängigkeit von der Fraktur (Spiessl I-VI) und Versorgungsart. Dargestellt sind die Anzahl der Frakturen je Versorgungsart und der resultierende Dysfunktionsgrad nach Helkimo

Bedingt durch die Varianz der Operateure kamen zwei unterschiedliche mandibulo-maxilläre-Fixationsarten (MMF) zum Einsatz. Zum einen erfolgte die MMF mittels Schrauben, zum anderen mittels Drahtbogen-Kunststoff-Schienen nach Schuchardt (DKS). Die statistische Aufbereitung der Daten ergab keine Diskrepanzen zwischen der Wahl der MMF-Art und dem funktionellen Endergebnis (Helkimo-Index) (s. Tabelle 14). Dieses war auch bei separater Betrachtung von operativen und non-operativen Verfahren der Fall. Eine Korrelation zwischen Dauer der MMF und dem Dysfunktionsgrad ließ sich anhand unserer Studie nicht nachweisen.

IMF Art	Total	Helkimo Dysfunktions-Index			
		Di0 Keine Dysfunktion	Di1 geringe Dysfunktion	Di2 mäßige Dysfunktion	Di3 schwere Dysfunktion
Keine IMF	25	4	15	5	1
DKS	51	10	22	16	3
IMF-Schrauben	35	13	16	5	1

Tabelle 14: Funktionelles Ergebnis in Bezug auf die mandibulo-maxilläre-Fixationsart (MMF). Dargestellt ist die Anzahl der Frakturen in Abhängigkeit von der Fixationsart und dem Dysfunktionsgrad. Merke: der Chi-Quadrat-Test weist keine signifikante Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Gruppen auf ( $p > 0,05$ ).

## 4 Diskussion

Trotz einer Vielzahl von Studien zu diesem Thema, besteht weitestgehend noch Unklarheit über die ideale Versorgung der verschiedenen Kiefergelenksfortsatzfrakturen.

Es herrscht wissenschaftlich betrachtet mehr oder weniger Einigkeit über die Indikation zur operativen Versorgung einer Kiefergelenksfortsatzfraktur bei Adulten. Viele Autoren stellen die Indikation für ein operatives Vorgehen in Abhängigkeit vom Ausmaß der Dislokation bzw. der Luxation des Bruches. Die spezifischen Operationsmethoden scheinen jedoch ein Thema intensiver wissenschaftlicher Diskussionen zu sein. Dies mag auch teils darin begründet sein, dass es lange Zeit keine einheitliche Klassifikation der Kiefergelenksfortsatzbrüche gab. Zum Zwecke der besseren Vergleichbarkeit erfolgte im Rahmen dieser Studie die Klassifikation der Frakturen nach Spiessl und Schroll (Spiessl and Schroll, 1972) sowie Loukota und Rasse (Loukota *et al.*, 2005). Diese Einteilungen sind international etabliert und studienübergreifend die gebräuchlichsten (Eckelt, 2000; Klatt *et al.*, 2010; Lauer *et al.*, 2006). Da die Wahl des operativen Zugangsweges von der Höhe der Gelenksfortsatzfraktur, nicht aber von der Luxation oder Dislokation beeinflusst wird, erfolgte aus statistischen Gründen ein ‚Poolen‘ der beiden Spiessl Typen II und IV (tiefe dislozierte oder luxierte Gelenksfortsatzfrakturen) sowie der Typen III und V (hohe dislozierte oder luxierte Gelenksfortsatzfrakturen).

Es ist bekannt, dass etwa ein Drittel aller Unterkieferfrakturen den Kiefergelenksfortsatz betreffen (Zachariades *et al.*, 2006). Im internationalen Vergleich wird dieses Risiko mit 25-40 % (De Riu *et al.*, 2001; Ellis III and Throckmorton, 2005; Marker *et al.*, 2000) angegeben. Analog den wissenschaftlichen Ausführungen Günthers (Günther *et al.*, 1966) ließ sich in den epidemiologischen Daten dieser

---

Arbeit eine Frakturhäufung im Bereich des Unterkiefers in der 3.- 4. Lebensdekade feststellen. Das mittlere Erkrankungsalter in unserem Patientengut lag bei 36 Jahren für Männer und bei 45 Jahren für das weibliche Geschlecht.

Silvennoinen und Mitarbeiter (Silvennoinen *et al.*, 1992) fanden in ihrer retrospektiven Studie mit 382 Patienten eine Geschlechterverteilung männlich zu weiblich von 3,3: 1.

In einer weiteren retrospektiven Studie mit 466 Fällen einer Kiefergelenksfortsatzfraktur, die durch Zachariades und Mitarbeiter (Zachariades *et al.*, 2006) beschrieben wurde, fand sich ein geschlechterspezifisches Verteilungsmuster von 3,5:1 (m:w). Auch Sawazaki *et al.* (Sawazaki *et al.*, 2010) zeigten eine Frakturverteilung von Männern zu Frauen von 3,05:1 in einer Studie zu Unterkieferfrakturen.

Diese deutliche Männerwendigkeit in der Frakturverteilung deckt sich mit den von uns erhobenen Daten von 3,4:1 (m:w), sowie mit zahlreichen weiteren internationalen Publikationen.

In der wissenschaftlichen Ausführungen Silvennoinens (Silvennoinen *et al.*, 1992) zum Thema zeigte sich ferner, dass ein hoher Prozentsatz von Frakturen durch Rohheitsdelikte (44%), Stürze (29%) und Verkehrsunfälle (21%) hervorgerufen wurden.

Die über einen Zeitraum von 10 Jahren geführte Studie von Ellis III berücksichtigt 1014 Kiefergelenksfortsatzfrakturen (Ellis *et al.*, 1985) und nennt Gewaltdelikte mit einer Häufigkeit von 42 % ebenfalls als Hauptursache für Kiefergelenkfrakturen. Des Weiteren waren in 25,9 % der Fälle Sturzereignisse, in 10,8 % der Fälle Verkehrsunfälle mit Personenkraftwagen, in 5,6 % der Fälle Verkehrsunfälle mit Motorrad und in 4,8 % der Fälle Sportverletzungen verantwortlich für eine Traumatisierung.

---

Die Erkenntnisse Ellis wie auch Silvennoinens sind weitestgehend deckungsgleich mit den Ergebnissen unserer Studie. Es zeigte sich in der durch uns vorgestellten wissenschaftlichen Untersuchung, dass bezüglich der Frakturursache in den allermeisten Fällen ein Gewaltdelikt (35%) verantwortlich für die Kiefergelenkfortsatzfraktur war. Daneben entfiel ein weiterer Teil auf Sturzereignisse (30%), Radstürze (19%), Sportverletzungen (10%) sowie Straßenverkehrsunfälle (6%).

In unserer aktuellen Untersuchung waren 97 % der durch Rohheitsdelikte entstandenen Frakturen bei Männern zu finden, was dem Ergebnis (90%) einer durch Depprich et al. (Depprich *et al.*, 2007) an dieser Klinik durchgeführten Studie zur Ursachenforschung der Unterkieferfrakturen entspricht.

Die studienübergreifende Variabilität in der Geschlechterverteilung, der Frakturursachen sowie der Angaben von Häufigkeiten der Unterkiefergelenkfortsatzfraktur, ist u.a. abhängig von geographischen und sozioökologischen Faktoren wie z.B. Kriegen, Bildungsstand, Beschäftigungsgrad, Verfügbarkeit von Ressourcen, Mobilität und Freizeitverhalten einer Bevölkerung (Depprich *et al.*, 2007; Shere *et al.*, 2004).

Somit ist es nachvollziehbar, dass in alpinen Lagen der Anteil an Sportverletzungen und das Geschlechterverhältnis anders gewichtet sind als beispielsweise in Kriegsregionen im Nahen und Mittleren Osten (Emshoff *et al.*, 1997).

Subsummierend spiegeln die epidemiologischen Ergebnisse dieser Studie die anderer Studien westlicher Großstädte wieder. Das Stereotyp eines traumatologischen mundkiefer-gesichtschirurgischen Patienten ist laut Marciani (Marciani, 2000) psychosozial benachteiligt, erwerbslos, arm und potentiell nicht willfährig. In dieser Härte lässt sich das für den Düsseldorfer Kieferfrakturpatient nicht bedingungslos übertragen, dennoch scheint dies in einer milderer Variante durchaus

---

zutreffend. So ist der typische traumatologische Patient der Westdeutschen Kieferklinik männlich, jüngeren Alters und Opfer oder Täter eines Gewaltverbrechens.

Lange Zeit hielt man die geschlossene Reposition als konservatives Verfahren für das Mittel der Wahl bei Kiefergelenksfortsatzfraktur. Man nahm ursprünglich an, dass die operative Manipulation am Kiefergelenk eine Gefügestörung nach sich zöge, die unweigerlich zu Funktionsstörungen führe (MacLennan, 1952). Erst mit der Einführung moderner Osteosyntheseverfahren durch Michelet (Michelet *et al.*, 1973), Champy (Champy *et al.*, 1975) und Luhr (Luhr, 1968) nahm auch die Bereitschaft zur operativen Rehabilitation der Kiefergelenkfraktur zu. Die systematische retrospektive Betrachtung der damaligen Veröffentlichungen unter Berücksichtigung heutiger Standards konnte mit der irrigen Annahme aufräumen, operative Verfahren würden zu schlechteren Ergebnissen führen (Brandt and Haug, 2003).

Durch die erstmalige Möglichkeit der starren internen Fixierung von Mittelgesichtsfrakturen Anfang der 1980er Jahre erwachsen auch zunehmend mehr Indikationen zur osteosynthetischen Versorgung von Kiefergelenkfrakturen. Zide und Kent's Empfehlungen galten diesbezüglich lange Zeit als „Goldstandard“ und legten fest, ob eine Fraktur operativ versorgt werden musste (Zide and Kent, 1983) oder nicht. Mit Einführung moderner Osteosyntheseverfahren änderten diese Autoren Ende der 80er Jahre ihre bis dato geltenden Indikationen und fügten neue mögliche Indikationen zur offenen Reposition und Osteosynthese (ORIF) (Zide, 1989) hinzu. So wurde zum Beispiel jede Gelenkfortsatzfraktur bei simultanem Vorliegen eines Unterkieferkombinationsbruches oder aber weiterer versorgungsbedürftiger Mittelgesichtsfrakturen als potentiell operationswürdig eingestuft. Ferner wurde die Möglichkeit zur operativen Frakturversorgung bei dislozierten Frakturen mit reduziertem Restgebiss und gleichzeitiger Okklusionsstörung im Seitenzahnbereich

---

Bereich gesehen. Zide sah darüber hinaus die Rechtfertigung einer Operation beim Vorliegen einer dislozierten Fraktur in Kombination mit einem offenen Biss und geistiger Retardierung.

Obwohl zahlreiche wissenschaftliche Publikationen die jeweiligen Vor- und Nachteile der konservativen und operativen Therapien gegenüberstellen und diese nach wie vor Gegenstand intensiver Forschungsarbeit ist, besteht ein hohes Maß an Unsicherheit unter den Chirurgen welches das geeignete Therapieverfahren darstellt (Ellis III and Throckmorton, 2005; Nussbaum et al., 2008). 2001 machten Haug und Assael (Haug and Assael, 2001) erneut einen Versuch die verschiedenen relativen und absoluten OP-Indikationen von Gelenkfortsatzfrakturen kritisch zu beleuchten. Sie sahen beim Vergleich operativer und konservativer Verfahren keine statistisch signifikanten Unterschiede für Bewegungsumfang, Okklusion, Symmetrie sowie sensorische oder motorische Funktionen. Sie sahen jedoch eine absolute Kontraindikation zur operativen Versorgung von intrakapsulären Frakturen. Zide wiederum stellte heraus, dass eine echte Indikation zur Operation nur bei Verlust der Ramus-Höhe oder Luxation besteht (Zide, 2001).

Hidding et al (Hidding et al., 1992) konnten in einer retrospektiven Studie mit 34 Probanden nachweisen, dass operative Verfahren zu besseren Repositionsergebnissen und weniger funktionellen Beschwerden führten. Im Rahmen der Untersuchung wurden 34 Patienten mit luxierten Kiefergelenksfrakturen in 2 Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe von 20 Patienten wurde operiert und temporär für 14 Tage intermaxillär fixiert (MMF). Eine weitere Gruppe von 14 Probanden wurde einer konservativen Therapie zugeführt. Diese Therapie sah eine MMF von 14 Tagen sowie eine anschließende physiotherapeutische Betreuung vor. Zur Erfassung der postinterventionellen anatomischen Verhältnisse und der Funktion des Kiefergelenkes erfolgte die klinische, radiologische und axiographische

---

Nachuntersuchung der Patienten nach 1-5 Jahren. Die Posselt-Diagramme der axiographischen Messung wiesen ähnlich gute Bewegungsumfänge in beiden Gruppen nach. Bei der Betrachtung der Mundöffnung zeigte sich in der nicht operierten Gruppe in 64% der Fälle eine terminale Deviation, wohingegen dieses nur in 10% der Fälle nach einer Operation der Fall war. Interessanterweise war die Mundöffnungsfähigkeit der konservativen Gruppe nicht signifikant schlechter als die der operierten Gruppen (beide  $\varnothing > 40$  mm). Bezüglich des Auftretens von Kopfschmerzen oder mastikatorischer Beschwerden ließen sich ebenfalls keine Unterschiede feststellen. Die radiologische Auswertung ergab jedoch deutlich schlechtere Repositionsergebnisse nach konservativem Vorgehen. Anatomisch korrekte Repositionsergebnisse fanden sich in 93% der Fälle nach einer Operation, jedoch nur in 7% der Fälle nach einer Therapie ohne Operation.

In den wissenschaftlichen Ausführungen Feifels (Feifel et al., 1996) zu diesem Thema sieht dieser auch Vorteile bei der konservativen Therapie, trotz nachgewiesener besserer Repositionsergebnisse nach operativen Verfahren. Feifel untersuchte in seiner Studie 60 Fälle von Kiefergelenkfrakturen, von denen er 33 geschlossen-konservativ (CRMMF) und 27 offen von extraoral reponierte und osteosynthetisch (ORIF) versorgte. Insgesamt fand er wenig Beschwerden in beiden Patientenkollektiven, jedoch deutlich mehr Deformitäten und insuffiziente Repositionsergebnisse nach konservativer (CRMMF) Therapie. Die Analyse der Kondylenbahnen ergab für die konservative Therapie schlechtere Werte.

Trotz dieser Erkenntnisse hält Feifel die konservative Therapie für besser geeignet zur Behandlung von nicht dislozierten oder gering dislozierten Gelenkfortsatzbrüchen, da diese mit weniger Bewegungseinschränkung und ähnlich guten funktionellen Ergebnissen verbunden sei. Umgekehrt sieht der Autor eine klare OP-Indikation bei unilateralen subkapitulären Frakturen, bei stark dislozierten oder

---

luxierten Brüchen sowie in Fällen ohne eine Möglichkeit der intermaxillären Immobilisation (z.B. Zahnlosigkeit).

In Bezug auf die geringen postinterventionellen dysfunktionellen Beschwerden in beiden Patientenkollektiven decken sich die Studienergebnisse Feifels wie auch Hiddings mit den Daten dieser Arbeit. Die zurückhaltende OP-Indikation Feifels bei nichtverschobenen Frakturen spiegelt die Meinung dieser Zeit wider. Aufgrund von Modifizierungen der Zugangstechniken sowie Fortschritten bei den Osteosynthesematerialien ist neuerdings jedoch ein Trend zu mehr operativen Versorgungen solcher Frakturen festzustellen. So wurden auch im Rahmen dieser Studie 69,6% dieser Frakturen operativ versorgt. Der Vorteil dieser Versorgung liegt eindeutig in einer schnelleren Rekonvaleszenz nach operativer Versorgung. So betrug die mittlere Immobilisationsdauer bei rein konservativer Therapie 28,3 Tage wohingegen die postoperative IMF-Dauer bei einfacher Fraktur im Mittel nur 11 Tage betrug.

In dieser Studie zeigte sich jedoch auch, dass bei nicht dislozierten Frakturen (Gruppe 1) das gute funktionelle Ergebnis unabhängig vom therapeutischen Verfahren (konservativ vs. operativ) war. Dies spiegelt auch die wissenschaftlichen Ausführungen Throckmortons sowie Stiesch-Scholz wider (Stiesch-Scholz et al., 2005; Throckmorton et al., 2004), die ebenfalls keinen funktionellen Vorteil durch die operative Versorgung solcher Frakturen fanden. Darüber hinaus zeigten sich in dieser Gruppe signifikant mehr Komplikationen wie Fazialisnervschädigungen sowie Narbenbildungen. Aus medizinischem Grund sollte daher analog den o.g. Empfehlungen Feifels ein konservatives Vorgehen bei dieser Frakturform präferiert werden, auch wenn dieses von Patienten aus Komfortgründen häufig abgelehnt wird. Ein weiteres Argument für die operative Versorgung solcher Brüche wird damit begründet, dass die geschlossene Reposition (konservative Therapie) immer auch

---

mit einer längeren Immobilisationsphase (je nach Autor 4-6 Wochen) verbunden ist, welche zu einer Atrophie und Gefügestörung der kartilaginären Anteile des Kiefergelenkes (Glineburg et al., 1982) führen kann. Bei Typ-1-Frakturen scheint daher der operative Zugang von intraoral eine erwägbare Alternative mit guten Ergebnissen.

Eine weitere multizentrisch geführte, randomisiert-prospektive Studie Eckelts (Eckelt et al., 2006) und seiner Mitarbeiter untersuchte 88 Patienten mit dislozierter Gelenkfortsatzfraktur an sieben internationalen Zentren. Die Frakturen galten als disloziert bei einer Achsabweichung des Gelenkfortsatzes von 10-45° oder bei Vorliegen einer Ramusverkürzung von mehr als 2 mm. Follow-up Untersuchungen erfolgten 6 Wochen und 6 Monate nach der Behandlung und umfassten die Erhebung von radiologischen Messungen sowie diverser Funktionsparameter. Laut Eckelt fanden sich signifikant bessere Ergebnisse in Bezug auf den Bewegungsumfang und die anatomische korrekte Reposition nach operativer Intervention bei insgesamt akzeptablen Werten in beiden Kollektiven. Die Ergebnisse dieser Studie sind weitestgehend analog dieser Arbeit, denn auch hier profitierten die Patienten der Gruppe 2 (dislozierte/luxierte Gelenkfortsatzbasisfrakturen; n=50) in Bezug auf Bewegungsumfang und Funktion von einer Operation. Aufgrund der hohen Zahl versorgter Patienten in dieser Gruppe, in der nahezu alle Patienten vollständig operativ versorgt wurden (n=49), sind die Ergebnisse hier von besonderem Interesse. Die prädominierenden Zugangswege waren hierbei der retromandibuläre/transparotideale sowie der submandibuläre Zugang. Wenngleich sich keine statistisch signifikanten Unterschiede in Bezug auf den resultierenden Dysfunktionsindex (nach Helkimo) erheben ließen, so zeigte sich jedoch eine signifikant höhere Anzahl von permanenten Fazialisnervschäden (zirka ein Jahr nach Operation) ( $p=0,041$ ) in der Gruppe derer, die von submandibulär operiert wurden

---

verglichen mit den übrigen Verfahren. Des Weiteren zeigte sich hier ein schlechteres Ergebnis in Bezug auf die resultierende Narbenlänge und Narbenhypertrophie ( $p=0,017$ ). Obwohl es bislang keine Studien gibt, die diese beiden Operationsverfahren miteinander vergleichen, so gibt es einige Autoren die den retromandibulären/transparotidealen Zugang für weniger komplikationsträchtig erachten (Devlin *et al.*, 2002; Ellis *et al.*, 2000; Klatt *et al.*, 2010; Manisali *et al.*, 2003). Die hohe Anzahl permanenter Nervschädigungen in dieser Gruppe (submandibulärer Zugang) unserer Studie ist möglicherweise durch eine initiale Lernkurve der Operateure bedingt. Wahrscheinlich repräsentiert sie jedoch einen gravierenden Nachteil dieses Eingriffes. Wenngleich die Komplikationsrate in dieser Gruppe hoch erscheint, so befindet sie sich doch in ähnlichem Rahmen verglichen mit anderen Autoren (Choi and Yoo, 1999; Chossegros *et al.*, 1996).

Seit etwa zehn Jahren mehren sich die Studien zu endoskopisch assistierten Operationsverfahren, einschließlich der Versorgung hoher Gelenkfortsatzfrakturen. Haug und Brandt gelangten in Ihrem Review-Artikel aus dem Jahre 2007 zu der Auffassung, dass die endoskopisch-assistierte Operationsvariante die Operationsdauer unnötig verlängert, bei lediglich gleichwertigem oder gar schlechterem Repositionsergebnis. Aus den genannten Gründen sprechen sie sich gegen ein solches Vorgehen aus (Haug and Brandt, 2007).

Wie bereits zuvor erwähnt, werden die Vor- und Nachteile von operativen gegenüber konservativen Verfahren teilweise recht kontrovers diskutiert. Dies betrifft vor allem die anatomisch weit proximal gelegenen Brüche der Kiefergelenkwalze sowie die sehr hohen Gelenkhalsfrakturen. So kamen Landes und Mitarbeiter (Landes *et al.*, 2008) im Rahmen ihrer klinischen Studie zu dem Ergebnis, dass Capitulumfrakturen von einer konservativen Therapie profitieren, wohingegen Neff *et al.* (Neff *et al.*, 2002) deutliche Vorteile bei der operativen Versorgung sehen. Beim Vergleich beider

---

Studien zeigt sich eine reduzierte wissenschaftliche Aussagekraft in der Arbeit Landes, da diese nur ein Patientenkollektiv von 17 Probanden aufweisen kann. Neff hingegen untermauert seine wissenschaftlichen Thesen durch eine recht großes Patientenkollektiv (n=130). Zur Klärung der Debatte ob kondyläre Frakturen besser operativ oder konservativ behandelt werden sollten kann unsere Studie nicht beitragen, da die Patienten mit derlei Frakturen nahezu vollständig (11/12) konservativ behandelt wurden (Gruppe 4) oder das Patientenkollektiv sehr klein ist (Gruppe 3; n=16, davon 10 operativ und 6 konservativ) und daher ein Vergleich der Verfahren wenig aussagekräftig ist. Zusammenfassend war der im Rahmen der Nachuntersuchung erhobene Dysfunktionsgrad etwas enttäuschend, wenngleich er analog zu anderen Studienergebnissen (Hlawitschka and Eckelt, 2002b) war. Hlawitschka und Eckelt untersuchten 40 konservativ behandelte Patienten mit insgesamt 50 diakapitulären Frakturen nach und stellten hierbei in 33 % der Fälle moderate bis schwere Dysfunktionen fest. Der ebenfalls überraschend hohe Prozentsatz dysfunktioneller Beschwerden führte die Autoren zu der Aussage, dass diakapituläre TYP-B-Frakturen (Frakturen durch den lateralen Kondylenbereich mit Ramus-Höhenverlust) möglicherweise von einer operativen Versorgung profitieren. Das im Rahmen unserer Studie bestätigte hohe Maß an mittelschweren dysfunktionellen Beschwerden (7/11) nach konservativer Therapie von diakapitulären Frakturen bestärkt auch uns in der Annahme, dass diese Patienten vermutlich von einer Operation profitieren. Welches operative Verfahren hierbei das geeignetste scheint ist momentan noch nicht abzusehen, und ist zur Zeit noch Gegenstand intensiver Forschungsbemühungen ist. Pioniere auf dem Gebiet der operativen Versorgung von derlei Frakturen sind unter anderem die Forschungsgruppen um Eckelt und Neff, die jedoch grundsätzlich verschiedenartige Operationswege und Osteosyntheseverfahren der diakapitulären Frakturen verfolgen (Neff *et al.*, 2005).

Des Weiteren wird in Bezug auf diesen Frakturtypus verstärkt der Einsatz biodegradierbarer Pin-Systeme erforscht (Oki *et al.*, 2006). Diese Systeme sind jedoch noch nicht so weit entwickelt, dass diese zur flächendeckenden Einführung empfohlen werden könnten. Abschließend ist festzustellen, dass es somit auch eine Trendwende bei der Bereitschaft zur operativen Versorgung von Capitulumfrakturen gibt. Die lange Zeit a priori geltende operative Zurückhaltung im Hinblick auf diesen Frakturtyp scheint nicht mehr uneingeschränkt zu gelten, was sich auch in einer Vielzahl wissenschaftlicher Studien zu diesem Thema widerspiegelt (Hlawitschka *et al.*, 2005; Landes *et al.*, 2008; Neff *et al.*, 1999; Neff *et al.*, 2002; Neff *et al.*, 2004; Pilling *et al.*, 2006; Rasse, 1993). Eine allgemein gültige Empfehlung zur Versorgung diakapitulärer Unterkieferbrüche existiert jedoch nicht. Der aktuelle Stand der Wissenschaft scheint momentan ein konservatives Vorgehen bei Frakturtypen A (Fraktur durch den medialen Pol der Kondyle, kein Ramus-Höhenverlust) und M (mehrfragmentäre Kondylenfrakturen) zu empfehlen, wohingegen die operative Versorgung der Typ-B-Frakturen in Erwägung gezogen werden sollte. Erste Ergebnisse kleinerer Studien zur operativen Versorgung dieser Brüche sind vielversprechend, bis zur uneingeschränkten Empfehlung sind jedoch weitere Studien notwendig.

Der Helkimo Dysfunktionsindex beinhaltet die Erhebung einer Vielzahl von Parametern in Bezug auf das Kiefergelenk. So werden u.a. zur Feststellung des Bewegungsumfanges die Pro- und Laterotrusionsfähigkeit, die maximale Mundöffnungsfähigkeit sowie die Deviation des Kiefers bei Bewegung gemessen. Des Weiteren sind verschiedene funktionelle Parameter des Gelenks sowie der daran beteiligten Muskulatur in die klinische Analyse einbezogen. Aufgrund seines Umfangs zeigt der Helkimo-Index relativ sensibel und frühzeitig funktionelle Defizite. Beim Helkimo-Index handelt es sich um einen etablierten Funktionsstatus des

---

Kiefergelenkes, der sich aufgrund seiner Beliebtheit und weiten Verbreitung besonders zum Vergleich der vielen Studien eignet. Verglichen mit der konservativen Therapie war überraschenderweise eine Operation nicht automatisch mit einem besseren funktionellen Ergebnis (Helkimo-Index) vergesellschaftet (vgl. Tab. 12; Spiessl Gruppe 1). Dieses Ergebnis ist jedoch vergleichbar mit den wissenschaftlichen Daten anderer Autoren (Hidding *et al.*, 1992; Hlawitschka and Eckelt, 2002a)

Ein weiteres interessantes Ergebnis dieser Studie ist, dass die Art der Immobilisation (Schuchardt-Schienung vs. IMF-Schrauben) keinen Einfluss auf den resultierenden Dysfunktionsgrad hat. Dies hat vor allem ökonomische Bedeutung, da die OP-Zeit bei der chirurgischen Insertion von 4-6 IMF-Schrauben verglichen mit der wesentlich aufwändigeren Schuchardt-Schienung um durchschnittlich 1 Stunde verkürzt werden kann.

Bezüglich des Studiendesigns ist selbstkritisch anzumerken, dass trotz der relativ hohen Anzahl an nachuntersuchten Patienten die Fallzahl in den einzelnen Subgruppen für die verschiedenen Frakturlokalisationen mitunter gering ist (z.B. Spiessl Gruppe V und VI je 3 Patienten). Dies trifft insbesondere auch für die Beurteilung der operativen Zugangswege zu; so konnte zum Beispiel der operative Zugang von präaurikulär in nur 3 Fällen nachuntersucht werden.

Diese Problematik wird insbesondere noch dadurch verschärft, dass in dieser Studie versucht wurde, sowohl das funktionelle Ergebnis als auch die einzelnen operativen Verfahren für die diversen Frakturlokalisationen miteinander zu vergleichen. Kritisch reflektierend sollten daher in Zukunft besser kleine Gruppen isoliert und operative Verfahren selektiv betrachtet werden. Vorzugsweise sollte dies in randomisierten prospektiven Studien erfolgen.

Trotz zahlreicher Publikationen zu diesem Thema gibt es nach wie vor keine klar definierten Richtlinien bezüglich der Versorgung von Gelenkfortsatzfrakturen. Es bleibt daher ein viel diskutiertes Thema, zu dessen abschließender Bearbeitung noch zahlreiche Studien erforderlich sein werden.

---

## 5 Zusammenfassung

Unterkieferfrakturen zählen zu den häufigsten Frakturen des Gesichtsschädels. Besonders häufig ist der Kiefergelenkfortsatz betroffen. In der Literatur werden aufgrund möglicher schwerwiegender Komplikationen die verschiedenen operativen und konservativen Versorgungsmöglichkeiten außergewöhnlich kontrovers diskutiert. Ziel dieser Untersuchung war es, die unterschiedlichen operativen und konservativen Verfahren kritisch gegenüberzustellen und diese hinsichtlich ihrer Komplikationsträchtigkeit und Behandlungsergebnisse zu vergleichen.

Zu diesem Zwecke wurden im Rahmen dieser Studie 105 Patienten mit 111 Frakturen, die in den Jahren 2005 - 2011 an der Klinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie der Heinrich-Heine-Universitätsklinik Düsseldorf behandelt wurden, untersucht. Zunächst erfolgte retrospektiv die Erhebung der präoperativen Befunde anhand der Patientenakte sowie der vorhandenen Röntgenbilder. Im Mittel 30 Monate nach Frakturversorgung erfolgte dann in einem zweiten klinischen Teil die Begutachtung der Patienten mit simultaner radiologischer Verlaufskontrolle (SPA 15°/OPTG), funktioneller Diagnostik (Helkimo-Index) und der Erhebung diverser Untersuchungsbefunde (Narbenlänge, Fistelbildung, Sensibilitätsstörung etc.).

Die statistische Auswertung anhand der nach Spiessl und Schroll sowie Loukota und Rasse klassifizierten und ‚gepoolten‘ Frakturen ergab für die Behandlung der nicht dislozierten Frakturen der Gruppe 1 (Spiessl und Schroll Typ I) keinen Vorteil der operativen Verfahren gegenüber der konservativen Therapie in Bezug auf die postoperative Funktion. Die operativen Zugänge waren jedoch signifikant häufiger von Komplikationen wie Fazialisnervschäden sowie Narbenbildungen betroffen. Eine Alternative zur konservativen Therapie mit gutem funktionellem Ergebnis und einer

geringen Komplikationsrate stellt die Operation von enoral dar. Der große Vorteil dieses Verfahrens liegt in einer Verkürzung der Rekonvaleszenzzeit und einem gesteigerten Komfort für den Patienten.

Als weiteres Ergebnis dieser Studie zeigte sich, dass es bei der Versorgung dislozierter oder luxierter Gelenkfortsatzbasisbrüche (Spiessl Typ II und IV) keine funktionellen Unterschiede zwischen den verschiedenen therapeutischen Verfahren gibt.

Darüber hinaus wurde deutlich, dass der retromandibuläre/ transparotideale Zugang dem submandibulären Zugang überlegen ist. Der submandibuläre Zugang führt zu signifikant mehr permanenten Fazialisnervschäden bei signifikant längerer Narbenbildung. Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass der in der Uniklinik Düsseldorf praktizierte transparotideale Zugang zur Versorgung tiefer dislozierter oder luxierter Gelenkfortsatzfrakturen ein sicheres und etabliertes Verfahren darstellt, das exzellente Ergebnisse liefert.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis dieser Arbeit ist, dass konservativ behandelte Frakturen mit Gelenkflächenbeteiligung (Spiessl Typ VI) zu einem hohen Prozentsatz (7/11; 64%) zu mittelschweren Dysfunktionen des Kiefergelenkes führen. Zur Klärung welche Gelenkrollenfrakturen von einer offenen Reposition und Osteosynthese profitieren sind weitere Studien notwendig. Die frakturtypabhängige Versorgung der subklassifizierten kondylären Frakturen scheint hier zielführend zu sein.

---

## 6 Literaturverzeichnis

- Allan BP, Daly CG (1990). Fractures of the mandible. A 35-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 19(5):268-271.
- Altmann IS, Gundlach KK (1992). Kiefergelenkfortsatzfrakturen im Kindesalter - klinisch röntgenologische Nachuntersuchung. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd* 80(5):269-273.
- Amaratunga NA (1988). Mandibular fractures in children - a study of clinical aspects, treatment needs, and complications. *J Oral Maxillofac Surg* 46(8):637-640.
- Andresen V, Häupl K (1945). Die Grundlage des "Norwegischen Systems". In: Funktionskieferorthopädie. Leipzig, Barth: Meuser-Verlag:76-83.
- Austermann KH (2002). Frakturen des Gesichtsschädels. In: Zahn-Mund-Kieferheilkunde, Spezielle Chirurgie. N. Schwenger, M. Ehrenfeld (Hrsg.). Georg Thieme Verlag ©. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:275 - 366
- Axhausen G (1931). Die operative Freilegung des Kiefergelenkes. *Chirurg* 3:713-719.
- Baker AW, McMahon J, Moos KF (1998). Current consensus on the management of fractures of the mandibular condyle. A method by questionnaire. *Int J Oral Maxillofac Surg* 27(4):258-266.
- Becker R, Austermann KH (1990). Frakturen des Gesichtsschädels. In: Zahn-Mund-Kieferheilkunde, Spezielle Chirurgie. N. Schwenger und G. Grimm (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:519-650.
- Bochlogyros PN (1985). A retrospective study of 1,521 mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 43(8):597-599.
- Bockenheimer P (1922). Kieferankylosen und ihre Behandlung. *Dtsch Med Wochenschr* 48:729.
- 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. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 61(11):1324-1332.
- Bumann A, Lotzmann U (2000). Manuelle Funktionsanalyse. In: Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. © C.L Schwarzer. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:53-119.
- Champy M, Wilk A, Schnebelen JM (1975). Treatment of mandibular fractures by means of osteosynthesis without intermaxillary immobilization according to F.X. Michelet's technic. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* 63(4):339-341.
- Chen CT, Lai JP, Tung TC, Chen YR (1999). Endoscopically assisted mandibular subcondylar fracture repair. *Plast Reconstr Surg* 103(1):60-65.
- Choi B-H, Yoo J-H (1999). Open reduction of condylar neck fractures with exposure of the facial nerve. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 88(3):292-296.

- Chossegros C, Cheynet F, Blanc J-L, Bourezak Z (1996). Short retromandibular approach of subcondylar fractures: Clinical and radiologic long-term evaluation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 82(3):248-252.
- Cox T, Kohn MW, Impelluso T (2003). Computerized analysis of resorbable polymer plates and screws for the rigid fixation of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 61(4):481-487; discussion 487-488.
- Dahlstrom L, Kahnberg KE, Lindahl L (1989). 15 years follow-up on condylar fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 18(1):18-23.
- De Riu G, Gamba U, Anghinoni M, Sesenna E (2001). A comparison of open and closed treatment of condylar fractures: a change in philosophy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 30(5):384-389.
- Depprich R, Handschel J, Hornung J, Meyer U, Kubler NR (2007). Causation, therapy and complications of treating mandibular fractures - a retrospective analysis of 10 years. *Mund Kiefer Gesichtschir* 11(1):19-26.
- Devlin MF, Hislop WS, Carton ATM (2002). Open reduction and internal fixation of fractured mandibular condyles by a retromandibular approach: surgical morbidity and informed consent. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 40(1):23-25.
- Eckelt U, Gerber S (1981). Draw-screw osteosynthesis with a novel osteosynthesis instrument set in mandibular condyle fractures. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* 69(6):485-490.
- 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):158-165.
- Eckelt U, Klengel S (1996). Nuclear magnetic resonance tomography study of the position of the discus articularis after dislocation fractures. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 4:115-117.
- Eckelt U, Hlawitschka M (1999). Clinical and radiological evaluation following surgical treatment of condylar neck fractures with lag screws. *J Craniomaxillofac Surg* 27(4):235-242.
- Eckelt U (2000). Fractures of the mandibular condyle. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4 Suppl 1:110-117.
- Eckelt U, Schneider M, Erasmus F, Gerlach KL, Kuhlisch E, Loukota R, Rasse M, Schubert J, Terheyden H (2006). Open versus closed treatment of fractures of the mandibular condylar process-a prospective randomized multi-centre study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 34(5):306-314.
- Ellis III E, Moos KF, el-Attar A (1985). Ten years of mandibular fractures: an analysis of 2,137 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 59(2):120-129.
- Ellis III, McFadden D, Simon P, Throckmorton G (2000). Surgical complications with open treatment of mandibular condylar process fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 58(9):950-958.
- Ellis III E, Dean J (1993). Rigid fixation of mandibular condyle fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 76(1):6-15.

- Ellis III E, Simon P, Throckmorton GS (2000a). Occlusal results after open or closed treatment of fractures of the mandibular condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 58(3):260-268.
- Ellis III E, Throckmorton GS, Palmieri C (2000b). Open treatment of condylar process fractures: assessment of adequacy of repositioning and maintenance of stability. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 58(1):27-34.
- Ellis III E, Throckmorton GS (2005). Treatment of mandibular condylar process fractures: Biological considerations. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 63(1):115-134.
- Emshoff R, Schoning H, Rothler G, Waldhart E (1997). Trends in the incidence and cause of sport-related mandibular fractures: a retrospective analysis. *J Oral Maxillofac Surg* 55(6):585-592.
- Eppley BL (2005). Use of resorbable plates and screws in pediatric facial fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 63(3):385-391.
- Ewers R (1995). Traumatologie. In: Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre. J.-E. Hausamen, E. Machtens und J. Reuther (Hrsg.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag:255-265.
- Feifel H, Albert-Deumlich J, Riediger D (1992). Long-term follow-up of subcondylar fractures in children by electronic computer-assisted recording of condylar movements. *Int J Oral Maxillofac Surg* 21(2):70-76.
- Feifel H, Risse G, Opheys A, Bauer W, Reineke T (1996). Conservative versus surgical therapy of unilateral fractures of the collum mandibulae - anatomic and functional results with special reference to computer-assisted 3-dimensional axiographic registration of condylar paths. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 41:124-127.
- Feneis H (1993). In: Anatomisches Bildwörterbuch der internationalen Nomenklatur. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag
- Furr AM, Schweinfurth JM, May WL (2006). Factors associated with long-term complications after repair of mandibular fractures. *Laryngoscope* 116(3):427-430.
- Gassner R, Tuli T, Emshoff R, Waldhart E (1999). Mountainbiking - a dangerous sport: comparison with bicycling on oral and maxillofacial trauma. *Int J Oral Maxillofac Surg* 28(3):188-191.
- Gerlach KL (1999). Condylar Neck Fracture Miniplates: Intraoral Approach. In: Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis. F. Härle, M. Champy and B. C. Terry (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:69-72.
- Gerlach KL (2000). Resorbable polymers as osteosynthesis material. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4 Suppl 1:91-102.
- Gibson RC (2007). Comparing 2.5 mm resorbable plates and screws to 2.00 mm titanium plates and monocortical screws in the treatment of mandible fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 65(9/1):43.
- Glineburg RW, Laskin DM, Blaustein DI (1982). The effects of immobilization on the primate temporomandibular joint: A histologic and histochemical study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 40(1):3-8.

- 
- Gray H (1918). *Anatomy of the human body*. Philadelphia: Lea und Febiger Verlag.
- Gundlach KK, Schwippen E, Fuhrmann A (1991). The regenerative capability of the condylar process of the mandible. *Dtsch Zahnarztl Z* 46(1):36-8.
- Günther H, Schwenzer N, Metz HJ (1966). Fracture, dislocation, and contusion of the temporomandibular joint. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 11:173-186.
- Hammer B, Schier P, Prein J (1997). Osteosynthesis of condylar neck fractures: a review of 30 patients. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 35(4):288-291.
- Härle F (1980). Strukturanalyse des Kiefergelenkköpfchens. In: *Erkrankungen des Kiefergelenkes. Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*. K. Schuchardt und N. H. Schwenzer (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:62-63.
- Härle F, Champy M, Terry B (1999). *Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis*. M. Champy, F. Härle, B. Terry (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag
- Härtel J, Janenz S, Mielke C (1994). Klinische Funktionsanalyse nach der Behandlung von Gelenkfortsatzfrakturen des Unterkiefers. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 18:224-227.
- Haug RH, Assael LA (2001). Outcomes of open versus closed treatment of mandibular subcondylar fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 59(4):370-375.
- Haug RH, Brandt MT (2007). Closed reduction, open reduction, and endoscopic assistance: current thoughts on the management of mandibular condyle fractures. *Plast Reconstr Surg* 120(7 Suppl 2):90-102.
- Hausamen JE (1982). Injury to the temporomandibular joint. *Zahnarztl Prax* 33(10):432, 434, 436, passim.
- Hayward JR, Scott RF (1993). Fractures of the mandibular condyle. *J Oral Maxillofac Surg* 51(1):57-61.
- Heiland M, Schulze D, Rother U, Schmelzle R (2003). Midfacial imaging using digital volume tomography. *International Congress Series* 1256(0):1230-1234.
- Helkimo M (1974). Studies on function and dysfunction of the masticatory system. II. Index for anamnestic and clinical dysfunction and occlusal state. *Sven Tandlak Tidskr* 67(2):101-121.
- Hidding J, Wolf R, Pingel D (1992). Surgical versus non-surgical treatment of fractures of the articular process of the mandible. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 20(8):345-347.
- Hirschfelder U, Mussig D, Zschiesche S, Hirschfelder H (1987). Functional orthodontic treatment of condylar fractures - a clinical and computerized radiography study. *Fortschr Kieferorthop* 48(6):504-515.
- Hlawitschka M, Eckelt U (2002a). Clinical, radiological and axiographic examination after conservative functional treatment of intracapsular temporomandibular joint fractures. *Mund Kiefer Gesichtschir* 6(4):241-248.
- Hlawitschka M, Eckelt U (2002b). Assessment of patients treated for intracapsular fractures of the mandibular condyle by closed techniques. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 60(7):784-791.

- Hlawitschka M, Loukota R, Eckelt U (2005). Functional and radiological results of open and closed treatment of intracapsular (diacapitular) condylar fractures of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg* 34(6):597-604.
- Holtgrave E, Rosli A, Spiessl B (1975). The treatment of collum fractures in children, clinical and radiographic results. *Dtsch Zahnarztl Z* 30(3):213-221.
- Horch HH, Herzog M (1997). Traumatologie des Gesichtsschädels. In: Praxis der Zahnheilkunde. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie Bd. (10/I). H.-H. Horch (Hrsg.). Elsevier GmbH ©. München, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg Verlag:53-163.
- Howaldt H, Schmelzeisen R (2002). Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie. Elsevier GmbH ©. München, Jena: Urban & Fischer Verlag:10-28.
- Hussain K, Wijetunge DB, Grubnic S, Jackson IT (1994). A comprehensive analysis of craniofacial trauma. *J Trauma* 36(1):34-47.
- Jacobovicz J, Lee C, Trabulsy PP (1998). Endoscopic repair of mandibular subcondylar fractures. *Plast Reconstr Surg* 101(2):437-441.
- Joos U, Kleinheinz J (1998). Therapy of condylar neck fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 27(4):247-254.
- Kahl B, Gerlach KL (1990). [Functional treatment after condylar fractures with and without an activator]. *Fortschr Kieferorthop* 51(6):352-360.
- Kellman RM, Tatum SA (1998). Internal fixation of maxillofacial fractures: indications and current implant technologies and materials. *Facial Plast Surg* 14(1):3-9.
- Kim YK, Kim SG (2002). Treatment of mandible Fractures Using Bioabsorbable Plates. *Plast Reconstr Surg* 110:25-31.
- Klatt J, Pohlenz P, Blessmann M, Blake F, Eichhorn W, Schmelzle R, Heiland M (2010). Clinical Follow-Up Examination of Surgically Treated Fractures of the Condylar Process Using the Transparotid Approach. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 68(3):611-617.
- Kleinheinz J, Meyer C (2009). Basic Considerations and Treatment. In: Fractures of the Mandibular Condyle (IBRA). © Quintessenz Verlags GmbH. Berlin: Quintessenz Verlag
- Köhler JA (1951). Diagnostik und Therapie der Kieferfrakturen. Heidelberg: Hüthig Verlag:27-29.
- Koolstra JH (2002). Dynamics of the human masticatory system. *Crit Rev Oral Biol Med* 13(4):366-376.
- Krenkel C (1987). Visualization of the temporomandibular joint in different planes of projection. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 32:16-20.
- 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 Craniomaxillofac Surg* 20(8):348-353.
- Kyriakou Y, Kolditz D, Langner O, Krause J, Kalender W Digital volume tomography (DVT) and multislice spiral CT (MSCT): an objective examination of dose and image quality. *Rofa* 183(2):144-153.

- Lammers E, Schwipper V, Fuhrmann A (1983). Spätergebnisse kindlicher Collumfrakturen nach konservativ-funktioneller Therapie. *Dtsch Zahnärztl Z* 38:437.
- Landes CA, Lipphardt R (2006). Prospective evaluation of a pragmatic treatment rationale: open reduction and internal fixation of displaced and dislocated condyle and condylar head fractures and closed reduction of non-displaced, non-dislocated fractures: Part II: high condylar and condylar head fractures. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 35(2):115-126.
- Landes CA, Day K, Lipphardt R, Sader R (2008). Closed Versus Open Operative Treatment of Nondisplaced Diacapitular (Class VI) Fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 66(8):1586-1594.
- Laskin DM (1976). Surgical management of diseases of the temporomandibular joint. In: Oral Surgery. J. R. Hayward (Hrsg.). Springfield, Illinois: Charles C Thomas Verlag.
- Lauer G, Schmelzeisen R (1999). Endoscope-assisted fixation of mandibular condylar process fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 57(1):36-39.
- Lauer G, Pradel W, Schneider M, Eckelt U (2006). Transoral osteosynthesis of condylar neck fractures using a three-dimensional plate. *Mund Kiefer Gesichtschir* 10(5):335-40.
- Lee CH, Lee C, Trabulsky PP (1996). Endoscopic-assisted repair of a malar fracture. *Ann Plast Surg* 37(2):178-83.
- Lindahl L (1977). Condylar fractures of the mandible: I. Classification and relation to age, occlusion, and concomitant injuries of teeth and teeth-supporting structures, and fractures of the mandibular body. *International Journal of Oral Surgery* 6(1):12-21.
- Lindemann A (1937). Die Luxationsfraktur des Kiefergelenkköpfchens. *Dtsch Zahnärztl Wschr* 40:687-961.
- Lindqvist C, Iizuka T (1999). Zeichnung A. Reinhardt. In: Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis. F. Härle, M. Champy and C. Bill (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Ekestubbe A, Helmrot E, Grondahl K (2008). Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accutomo and 3D Accutomo FPD. *Dentomaxillofac Radiol* 37(2):72-79.
- Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, Pauwels R, Vanheusden S, Suetens P, Marchal G, Sanderink G, Jacobs R (2009). Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol* 71(3):461-468.
- Loukota RA, Eckelt U, Bont LD, Rasse M (2005). Subclassification of fractures of the condylar process of the mandible. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 43(1):72-73.
- Luder HU, Bobst P (1991). Wall architecture and disc attachment of the human temporomandibular joint. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101(5):557-70.
- Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB (2006). Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol* 35(4):219-26.

- 
- Ludlow JB, Ivanovic M (2008). Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 106(1):106-14.
- Luhr HG (1968). On the stable osteosynthesis in mandibular fractures. *Dtsch Zahnarzte Z* 23(7):754.
- MacLennan WD (1952). Consideration of 180 cases of typical fractures of the mandibular condylar process. *Br J Plast Surg* 5(2):122-128.
- Maladiere E, Bado F, Meningaud JP, Guilbert F, Bertrand JC (2001). Aetiology and incidence of facial fractures sustained during sports: a prospective study of 140 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg* 30(4):291-295.
- Manisali M, Amin M, Aghabeigi B, Newman L (2003). Retromandibular approach to the mandibular condyle: a clinical and cadaveric study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 32(3):253-256.
- Marciani RD (2000). Discussion-A Financial Analysis of Maxillomandibular Fixation Versus Rigid Internal Fixation for Treatment of Mandibular Fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 58:1210-1211.
- 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. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 38(5):417-421.
- Meyer C (2006). Fractures of the condylar region: functional treatment or surgery?. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 107(3):133-135.
- Meyer C, Serhir L, Boutemi P (2006). Experimental evaluation of three osteosynthesis devices used for stabilizing condylar fractures of the mandible. *J Craniomaxillofac Surg* 34(3):173-181.
- Michelet FX, Deymes J, Dessus B (1973). Osteosynthesis with miniaturized screwed plates in maxillo-facial surgery. *J Maxillofac Surg* 1(2):79-84.
- Müller W (1973). Experimental studies on biomechanics of articular process fractures. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl Gesamte* 61(4):233-249.
- Neff A, Kolk A, Deppe H, Horch HH (1999). New aspects for indications of surgical management of intra-articular and high temporomandibular dislocation fractures. *Mund Kiefer Gesichtschir* 3(1):24-29.
- Neff A, Kolk A, Neff F, Horch HH (2002). Surgical vs. conservative therapy of diacapitular and high condylar fractures with dislocation. A comparison between MRI and axiography. *Mund Kiefer Gesichtschir* 6(2):66-73.
- Neff A, Muhlberger G, Karoglan M, Kolk A, Mittelmeier W, Scheruhn D, Horch HH, Kock S, Schieferstein H (2004). Stability of osteosyntheses for condylar head fractures in the clinic and biomechanical simulation. *Mund Kiefer Gesichtschir* 8(2):63-74.
- Neff A, Kolk A, Meschke F, Deppe H, Horch HH (2005). Small fragment screws vs. plate osteosynthesis in condylar head fractures. *Mund Kiefer Gesichtschir* 9(2):80-88.
- Newman L (1998). A clinical evaluation of the long-term outcome of patients treated for bilateral fracture of the mandibular condyles. *Br J Oral Maxillofac Surg* 36(3):176-179.

- Niederdellmann H, Schilli W (1980). Traction, using Kirshner wire, in the treatment of luxations and fractures of the temporomandibular joint. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 25:74-76.
- Nozawa-Inoue K, Amizuka N, Ikeda N, Suzuki A, Kawano Y, Maeda T (2003). Synovial membrane in the temporomandibular joint--its morphology, function and development. *Arch Histol Cytol* 66(4):289-306.
- Nussbaum ML, Laskin DM, Best AM (2008). Closed Versus Open Reduction of Mandibular Condylar Fractures in Adults: A Meta-Analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 66(6):1087-1092.
- Oki K, Hyakusoku H, Aoki R, Murakami M, Oki K (2006). Fixation of intracapsular fractures of the condylar head with bioabsorbable screws. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 40(4):244-248.
- Pape HD, Altfeld F (1973). Function of the temporomandibular joint following luxation fractures. Results of functional therapy in the years 1961-1970. *Dtsch Zahnarztl Z* 28(4):498-504.
- Pasler FA (1991). *Farbatlanten der Zahnmedizin*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag: 110.
- Pauwels F (1949). Über die mechanische Bedeutung der größeren Kortikalisstruktur beim normalen und pathologisch verbogenen Röhrenknochen. *Anat Nachr.* 1:53-56
- Perthes G (1924). Über Frakturen und Luxationsfrakturen des Kiefergelenkköpfchens und ihre operative Behandlung. *Verh Dtsch Ges* 133:418.
- Petzel JR, Bulles G (1981). Experimental studies of the fracture behaviour of the mandibular condylar process. *J Maxillofac Surg* 9(4):211-215.
- Piette E (1993). Anatomy of the human temporomandibular joint. An updated comprehensive review. *Acta Stomatol Belg* 90(2):103-127.
- Pilling E, Schneider M, Mai R, Loukota RA, Eckelt U (2006). Minimally invasive fracture treatment with cannulated lag screws in intracapsular fractures of the condyle. *J Oral Maxillofac Surg* 64(5):868-872.
- Platzer W (1991). *Bewegungsapparat*. In: Taschenatlas der Anatomie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Rahn R, Thomaidis G, Frenkel G, Frank P, Kinner U (1989). Late results of conservative condylar fracture treatment. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 13(3):197-202.
- Rasse M, Schober C, Piehslinger E, Scholz R, Hollmann K (1991). Intra- and extra-capsular condyle fractures in the growth period. Therapy, clinical course, complications. *Dtsch Zahnarztl Z* 46(1):49-51.
- Rasse M (1993). Diakapituläre Frakturen der Mandibula. Eine neue Operationsmethode und erste Ergebnisse. *Z Stomatol* 90:413-428.
- Rasse M, Fialka V, Paternostro T (1993). Modifikationen des Zugangs zum Kiefergelenk und Ramus mandibulae. © Springer Science Science and Business Media B.V. *European Surgery* 25(1):49-54.

- 
- Rasse M (2000). Recent developments in therapy of condylar fractures of the mandible. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4(2):69-87.
- Reichenbach E (1969). Traumatologie im Kiefer- Gesichts- Bereich. Leipzig, München: Johann Ambrosius Barth Verlag
- Reuther J (1999). Condylar Neck Fractures: Lag Screw Plates. In: Atlas of craniomaxillofacial osteosynthesis. F. Härle, M. Champy und B. C. Terry (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:73-75.
- Risdon FE (1934). Ankylosis of the temporomandibular joint. *J Am Dent Assoc* 21:1933-1979.
- Rodloff C, Hartmann N, Maerker R (1991). Displacement fractures of the collum in the growth period--conservative vs. operative treatment. *Dtsch Zahnztl Z* 46(1):63-65.
- Rother U, Biedermann F (1978). Standardization recommendations of modified Schuller's exposure, of close-up exposure (stomatological radiodiagnostic equipment) and of posterior-anterior exposure according to Clementschitsch for temporomaxillary joint representation (author's transl). *Radiol Diagn (Berl)* 19(3):432-437.
- Röthler G, Strobl H, Strobl V, Norer B, Waldhart E (1996). Kiefergelenkfortsatzfrakturen im Kindesalter-eine Langzeitstudie im Orthopantomogramm. In: Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie. N. Schwenzer (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:146.
- Rudolf RM Bos (2005). Treatment of pediatric facial fractures: The case for metallic fixation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 63(3):382-384.
- Sawazaki R, Júnior SML, Asprino L, Moreira RWF, de Moraes M (2010). Incidence and Patterns of Mandibular Condyle Fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 68(6):1252-1259.
- Schimming R, Eckelt U, Kittner T (1999). The value of coronal computer tomograms in fractures of the mandibular condylar process. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 87(5):632-639.
- Schmolke C (1994). The relationship between the temporomandibular joint capsule, articular disc and jaw muscles. *J Anat* 184(2):335-345.
- Schon R, Gutwald R, Schramm A, Gellrich NC, Schmelzeisen R (2002). Endoscopy-assisted open treatment of condylar fractures of the mandible: extraoral vs intraoral approach. *Int J Oral Maxillofac Surg* 31(3):237-243.
- Schuchardt K, Wassmund M (1956). Frakturen des Gesichtsschädels – Die Facialisparese – Korrektur, plastische Wiederherstellung und Totalersatz der Ohrmuschel. In: Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie. K. Schuchardt und M. Wassmund (Hrsg.). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag
- Schumacher GH (1991). Repetitorium anatomicum ... functional structures of skull and mandible. *Phillip J* 8(1):24-25.
- Shere JL, Boole JR, Holtel MR, Amoroso PJ (2004). An analysis of 3599 midfacial and 1141 orbital blowout fractures among 4426 United States Army Soldiers, 1980-2000. *Otolaryngol Head Neck Surg* 130(2):164-170.

- Silvennoinen U, Iizuka T, Lindqvist C, Oikarinen K (1992). Different patterns of condylar fractures: An analysis of 382 patients in a 3-year period. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 50(10):1032-1037.
- Silvennoinen U, Iizuka T, Oikarinen Ks, Lindqvist C (1994). Analysis of possible factors leading to problems after nonsurgical treatment of condylar fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 52(8):793-799.
- Silverman SL (1925). A new Operation for displaced fractures at the neck of the mandibular condyle. *Plastic Reconstr Surg* 49:281-286.
- Sobotta J (2000). Atlas der Anatomie des Menschen. R. Putz, R. Papst (Hrsg.). © Elsevier GmbH. München, Wien, Baltimore: Urban und Fischer Verlag.
- Sperber GH (1992). Embryologie des Kopfes. Berlin: Quintessenz Verlag
- Spiessl B, Schargus G, Schroll K (1971). Stable osteosynthesis in fractures of the edentulous mandible. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 81(1):39-51.
- Spiessl B, Schroll K (1972). Gelenfortsatz- und Gelenkköpfchenfrakturen. In: Spezielle Frakturen- und Luxationslehre, Bd. (1/I). H. Nigst (Hrsg.). © Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag:136-152.
- Spiessl B, Schroll K, Rösli A, Klingler M, Steinemann S, von Hochstetter A (1972). Gesichtsschädel. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Stacey DH, Doyle JF, Mount DL, Snyder MC, Gutowski KA (2006). Management of mandible fractures. *Plast Reconstr Surg* 117(3):48e-60e.
- Steinhäuser E (1964). Eingriffe am Processus articularis auf dem oralen Weg. *Dtsch Zahnärztl Z* 19:694-697.
- Stiesch-Scholz M, Schmidt S, Eckardt A (2005). Condylar Motion After Open and Closed Treatment of Mandibular Condylar Fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 63(9):1304-1309.
- Sullivan SM, Banghart PR, Anderson Q (1995). Magnetic resonance imaging assessment of acute soft tissue injuries to the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg* 53(7):763-766; discussion 766-767.
- Talwar RM, Ellis III E, Throckmorton GS (1998). Adaptations of the masticatory system after bilateral fractures of the mandibular condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 56(4):430-439.
- Terheyden H, Fleiner B, Schubert F, Bumann A (1996). Position of the disc in collum mandibulae fractures--a magnetic resonance tomography study. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 41:112-114.
- Thoren H, Iizuka T, Hallikainen D, Lindqvist C (1992). Different patterns of mandibular fractures in children. An analysis of 220 fractures in 157 patients. *J Craniomaxillofac Surg* 20(7):292-296.
- Throckmorton GS, Ellis E, Hayasaki H (2004). Masticatory motion after surgical or nonsurgical treatment for unilateral fractures of the mandibular condylar process. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 62(2):127-138.

- 
- Upton LG, Barber HD (1991). Surgically and nonsurgically treated temporomandibular joint patient responses to active and passive nonsurgical therapies. *Compendium* 12(7):468, 470-472, 474.
- Volkenstein R, Friedrich R, Vesper M, Gehrke G (1996). Mandibular collum fracture in the ultrasound image--indications and limits from the viewpoint of 3 years imaging experiences. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 41:117-120.
- Vrebos J, Dupuis CC (2005). From circumferential wiring to miniaturized plates and screws: the history of osteosynthesis of the mandible (with special reference to Dr. Lambotte). *Eur J Plast Surg* 28:170-178.
- Wassmund M (1927). Frakturen und Luxationen des Gesichtsschädels unter Berücksichtigung der Komplikationen des Hirnschädels. Berlin: Meuser Verlag.
- Wassmund M (1934). Über Luxationsfrakturen des Kiefergelenkes. *Dtsch Kieferchir* 1:1-7.
- Welk A, Sumnig W (1999). Morphometrical examinations of the mandibular ramus for the indication of lag screw osteosynthesis described by Eckelt in mandibular condylar fractures. *Ann Anat* 181(1):69-72.
- Williamson EH (1987). Condylar remodeling and growth following fracture in a child. *Facial Orthop Temporomandibular Arthrol* 4(1):3-7.
- Worsaae N, Thorn JJ (1994). Surgical versus nonsurgical treatment of unilateral dislocated low subcondylar fractures: A clinical study of 52 cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 52(4):353-360.
- 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. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 34(7):421-432.
- Zide MF, Kent JN (1983). Indications for open reduction of mandibular condyle fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 41(2):89-98.
- Zide MF (1989). Open reduction of mandibular condyle fractures. Indications and technique. *Clin Plast Surg* 16(1):69-76.
- Zide MF (2001). Discussion. *J Oral Maxillofac Surg* 59(4):375-376.
- Zou ZJ, Wu WT, Sun GX, Zhu XP, Zhang KH, Wu QG, Su LD, Lin JX (1987). Remodelling of the temporomandibular joint after conservative treatment of condylar fractures. *Dentomaxillofac Radiol* 16(2):91-98.

## 7 Anhang

### 7.1 Befundblatt I (Funktionsdiagnostik)

#### Klinischer Dysfunktionsindex nach Helkimo

##### Messung der Kiefermobilität:

- a) maximale Mundöffnung (SKD + Überbiss) = \_\_\_\_\_ mm
- b) maximale Laterotrusion links = \_\_\_\_\_ mm
- c) maximale Laterotrusion rechts = \_\_\_\_\_ mm
- d) Maximale Protrusion = \_\_\_\_\_ mm

Vertikal	horizontal	Beurteilung	Punkte	Patient
≥ 40 mm	≥ 7 mm	normaler Bewegungsspielraum	0	
30 - 39 mm	4 - 6 mm	Leichte Bewegungseinschränkung	1	
≤ 29 mm	≤ 3 mm	Starke Bewegungseinschränkung	5	
			<b>Summe:</b>	

---

1. Symptom: Eingeschränkter Bewegungsspielraum des Unterkiefers:

normaler Bewegungsspielraum (Mobilitätsindex 0 Punkte)	0 Punkte
Leichte Bewegungseinschränkung (Mobilitätsindex 1 - 4 Punkte)	1 Punkt
Starke Bewegungseinschränkung (Mobilitätsindex 5 - 25 Punkte)	5 Punkte

2. Symptom: Gestörte Kiefergelenkfunktion

Glatte Bewegung ohne Gelenkgeräusche und Seitenabweichungen beim Öffnen/Schließen (max. 2 mm Deviation)	0 Punkte
Gelenkgeräusche in einem/beiden Gelenken und/ oder Seitenabweichung $\geq 2\text{mm}$	1 Punkt
Beim Öffnen/Schließen Sperre und Luxation des Kiefergelenks	5 Punkte

3. Symptom: Muskelschmerzen:

Keine Druckempfindlichkeit der Kaumuskeln	0 Punkte
Druckempfindlichkeit an 1 - 3 Stellen	1 Punkt
Druckempfindlichkeit an $\geq 4$ Stellen	5 Punkte

4. Symptom: Kiefergelenkschmerzen:

Keine Druckempfindlichkeit bei lateraler und posteriorer Palpation	0 Punkte
Druckempfindlichkeit bei lateraler Palpation	1 Punkt
Druckempfindlichkeit bei posteriorer Palpation	5 Punkte

## 5. Schmerzen bei der Bewegung des Unterkiefers:

Schmerzfremie Bewegung	0 Punkte
Schmerzen bei einer Bewegung	1 Punkt
Schmerzen bei zwei und mehr Bewegungen	5 Punkte

Punkte	Klinischer Helkimo-Index	Dysfunktionsgruppe
0	D <sub>i</sub> 0 klinisch symptomfrei	D 0
1 – 4	D <sub>i</sub> 1 geringe Dysfunktion	D 1
5 – 9	D <sub>i</sub> 2 mäßige Dysfunktion	D 2
10 – 13	D <sub>i</sub> 3 schwere Dysfunktion	D 3
15 – 17		D 4
20 - 25		D 5

## 7.2 Befundblatt II (prä-/postoperativer Befund)

### Befunderhebungsbogen prä- und postoperativ

#### Befund nach Behandlungsunterlagen (retrospektiv)

1. Datum Frakturversorgung.
2. Datum Nachuntersuchung
3. Diagnose
4. Fraktуреinteilung nach Spiessl & Schroll:                      Loukota/Rasse:
5. Okklusionsstörung nach Trauma?
6. Zahnstatus prä-OP (fehlende Stützzonen usw.)?
7. KG-Funktionsstörungen bekannt prä-Op?
8. Richtung der Dislokation?
9. prä-OP-Röntgendiagnostik?
10. OP Verfahren(retromandibulär, präauriculär, submandibulär, enoral, konservativ)?
11. Plattentyp?
12. Plattengröße (Vierloch usw.)?
13. Plattenfraktur?

- 
14. Platten entfernt?
  15. einfache oder Mehrfachfraktur?
  16. Wundheilungsstörung post-OP?
  17. Großes Hämatom/ Serom post-OP?
  18. Fazialisschaden permanent/ vorübergehend post-OP?
  19. Speichelfistel post-OP?
  20. Tage Krankenhausaufenthalt?
  21. Traumagrund?
  22. Zeitraum zwischen Trauma und operativer Versorgung?
  23. Antibiotikagabe post-OP (Tage?)?
  24. IMF (ja/ nein + Dauer)?
  25. Schuchhardt-Schiene oder Schrauben zur IMF?

**Befund bei Nachuntersuchung:**

1. Interinzisaler Abstand in mm (max. Mundöffnung(MÖ)) Aktiv/ Passiv?
2. Protrusion in mm?
3. Laterotrusion in mm?
4. MÖ schmerzhaft eingeschränkt?
5. bleibende Okklusionsstörung?
6. Deviation bei MÖ persistierend?
7. Gesichtsasymetrie mit Ramusverkürzung?
8. Gelenkknacken oder Geräusche bleibend?
9. Arthrosezeichen?
10. persistierende Muskelschwäche?
11. Schmerzen während der Kaufunktion?
12. präauriculäre Sensibilitätsstörung?
13. Fazialisschwäche (R.zygomaticofrontalis, R.buccalis, R.marginalis mandibulae)?
14. Narbenlänge?
15. Narbenhypertrophie?
16. Narbenschmerzen persistierend?
17. Speichelfistel?
18. Röntgen-Nachuntersuchung (OPTG, SPA15?)
19. Patientenzufriedenheit Gesamtergebnis (zufrieden/ unzufrieden)?

## 7.3 Anschreiben

### Klinik für Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie – Westdeutsche Kieferklinik

Universitätsklinikum Düsseldorf – Postfach 101007 - D-40001 Düsseldorf

Herr  
Max Mustermann

Ansprechpartner:	Durchwahl:	E-Mail:	Datum:
Hr. T. Rueggeberg	18186	Tim.Rueggeberg@med.uni-duesseldorf.de	23.06.10/ru

Sehr geehrter Herr Mustermann,

Sie wurden im Rahmen einer Verletzung des Unterkiefers in unserer Klinik operativ versorgt. Ziel dieser Operation war u.a. die Wiederherstellung des Bisses um eine regelrechte Kaufunktion zu gewähren. Bei nicht optimaler Wiederherstellung der Kaufunktion, besteht unter anderem die Gefahr der Entstehung von Kiefergelenksarthrose.

Um eventuellen Spätfolgen rechtzeitig vorbeugen zu können, führt die Klinik für Mund-, Kiefer-, und Plastische Gesichtschirurgie eine systematische Nachuntersuchung im Rahmen einer Studie durch.

Ziel dieser Studie ist es, durch die Überprüfung der Langzeitergebnisse die Behandlung von Patienten mit Unterkieferbrüchen weiter zu verbessern. Im Rahmen dieser Studie haben Sie die Möglichkeit, an einer Nachuntersuchung teilzunehmen und Ihr Behandlungsergebnis kontrollieren zu lassen.

Terminvereinbarungen können am einfachsten per e-mail unter folgender Adresse erfolgen: [Tim.Rueggeberg@med.uni-duesseldorf.de](mailto:Tim.Rueggeberg@med.uni-duesseldorf.de)

Alternativ können Sie auch einen Termin unter 0211/8118186 telefonisch vereinbaren.

Mit freundlichen Grüßen

**Direktor der Klinik**  
Univ.-Prof. Dr. Dr. N. R. Kübler  
Tel.: (0211) 81-18180  
Tel.: (0211) 81-18181 (Sekretariat)  
Fax: (0211) 81-18877  
e-mail: [kuebler@med.uni-duesseldorf.de](mailto:kuebler@med.uni-duesseldorf.de)  
e-mail: [mkg@med.uni-duesseldorf.de](mailto:mkg@med.uni-duesseldorf.de)

**Stellv. Direktor der Klinik**  
Priv.-Doz. Dr. Dr. J. Handschel  
Tel.: (0211) 81-16721  
Fax: (0211) 81-18877  
e-mail: [handschel@med.uni-duesseldorf.de](mailto:handschel@med.uni-duesseldorf.de)

**Ltd. Oberärztin**  
Priv.-Doz. Dr. Dr. Rita Depprich  
Tel.: (0211) 81-18182  
Fax: (0211) 81-18877  
e-mail: [depprich@med.uni-duesseldorf.de](mailto:depprich@med.uni-duesseldorf.de)

**Ambulanz**  
Tel.: (0211) 81-18205, 81-18202  
oder 81-16161  
Fax: (0211) 81-19233  
e-mail: [mkg@med.uni-duesseldorf.de](mailto:mkg@med.uni-duesseldorf.de)

**Station KF02**  
Tel.: (0211) 81-18193  
Fax: (0211) 81-19172

**Kinderstation KK01**  
Tel.: (0211) 81-17696

**Chirurgische Intensivstation CIA1**  
Tel.: (0211) 81-07052

**OP-Bereich**  
Tel.: (0211) 81-18185

**Forschungslabor**  
Tel.: (0211) 81-04499

**Allgemeine Sprechstunde einschl. Tumormachsorge**  
Tel.: (0211) 81-18205, 81-18202  
und 81-16161  
Mo-Do 8:00-12:00 u. 12:45-15:30 Uhr,  
Fr 8:00-14:00 Uhr

**Privatsprechstunde**  
Tel.: (0211) 81-18181  
Di u. Do 13:00-16:00 Uhr

**Spezialprechstunden**

**Implantate**  
Tel.: (0211) 81-18181  
Di 13:00-16:00 Uhr

**Dysgnathien und craniofaziale Fehlbildungen**  
Tel.: (0211) 81-18205, 81-18202  
und 81-16161  
Mo u. Do 13:00-15:30 Uhr

**Lippen-Kiefer-Gaumenspalten interdisziplinär mit Kieferorthopädie**  
Tel.: (0211) 81-18180  
2. Mi im Monat 14:00-17:00 Uhr

**Plastisch-rekonstruktive Chirurgie und Laserchirurgie**  
Tel.: (0211) 81-18205, 81-18202  
und 81-16161  
Fr 10:00-12:00 Uhr

**Kopf-Hals-Sonographie**  
Tel.: (0211) 81-18205 und 81-04092  
Mi 12:00-16:00 Uhr und Fr 8:00-14:30 Uhr

**Speicheldrüsenerkrankungen**  
Tel.: (0211) 81-18181  
Fr 8:00-14:30 Uhr

**Webseiten der Klinik**  
[www.uniklinik-duesseldorf.de/mkg](http://www.uniklinik-duesseldorf.de/mkg)

## 8 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Priv. Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Jörg Handschel, für die Überlassung des Themas, für die gute Betreuung während der Konzeption der wissenschaftlichen Arbeit sowie für die wertvolle fachliche Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Ein herzlicher Dank gilt Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Christian Naujoks für die fortwährende Unterstützung und die Hilfe im Rahmen der statistischen Auswertung.

Von Herzen danke ich meiner Frau Simone, die mir während der gesamten Arbeit Ihre ungeteilte Aufmerksamkeit schenkte, mich mit Ihrem überwältigenden Optimismus stets verstand zu motivieren und mir immer mit offenem Ohr zur Seite stand.

Nicht vergessen möchte ich an dieser Stelle Frau Rebekka Hess namentlich zu erwähnen und Ihr meinen Dank zum Ausdruck zu bringen, für die Selbstverständlichkeit mit der Sie Zeit in die Korrektur und Layoutgestaltung dieser Arbeit investiert hat.

Ein großes Dankeschön an meine Eltern, dafür dass Ihr mir all das ermöglicht habt und immer für mich da wart.

**Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorliegende Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Düsseldorf, den 14.05.2012

Tim Rüggeberg