

Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und  
Kieferheilkunde Tübingen  
Abteilung Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und  
Gesichtschirurgie  
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. S. Reinert

**Bewertung der transoralen endoskopisch-assistierten  
Frakturversorgung am Collum mandibulae – eine  
experimentelle anatomische Studie**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Dr. med. Steffen Kless  
aus  
Stuttgart, Bad Cannstatt  
2006

Dekan :                    Professor Dr. I. B. Autenrieth

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

2. Berichterstatter : Professor Dr. K. Weise



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1 Klassifikation der Unterkieferfrakturen	3
1.2 Anatomische Grundlagen und Biomechanik	5
1.3 Frakturen des Processus condylaris mandibulae	8
1.4 Klinik und Diagnostik	10
1.5 Chirurgische versus konservative Therapie	11
1.6 Prinzipien der Osteosynthese	14
1.7 Operative Zugänge zum Collum mandibulae	17
<b>2. Fragestellungen</b>	<b>19</b>
<b>3. Material und Methoden</b>	<b>21</b>
3.1 Präparate und Studiendesign	21
3.2 Konservierung der Präparate	22
3.2.1 Thiel-fixierte Präparate	22
3.2.2 Alkohol-fixierte Präparate	22
3.3 OP-Instrumentarium	23
3.4 Frakturierung der Basis des Collum mandibulae	28
3.5 Computertomographie und Auswertung der Daten	28
3.6 Endoskopisch-assistierte Frakturversorgung	31
3.7 Mazeration	33
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>34</b>
4.1 Axiale CT-Diagnostik nach Frakturierung beider Colla mandibulae	35
4.2 Axiale CT-Diagnostik nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae	36
4.3 Coronare CT-Diagnostik nach Frakturierung	37

	beider Colla mandibulae	
4.4	Coronare CT-Diagnostik nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae	40
4.5	Sagittale CT-Diagnostik nach Frakturierung beider Colla mandibulae	41
4.6	Sagittale CT-Diagnostik nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae	42
4.7	Mazerierter Unterkiefer nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae	43
4.8	Messdaten Präparat 6	46
4.9	Demonstration OP-Situs	48
4.10	Messdaten Präparate 1-5 in tabellarischer Übersicht	49
4.11	Messungen zur Länge des Collumfragmentes	53
4.12	Zusammenhang zwischen der Länge des Collumfragmentes und dem Repositionsergebnis	54
4.13	Zusammenhang zwischen dem präoperativen Ausmaß der Dislokation und dem Repositionsergebnis	56
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>58</b>
<b>6.</b>	<b>Beantwortung der Fragen</b>	<b>72</b>
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>78</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>80</b>

# 1. Einleitung

## 1.1 Klassifikation der Unterkieferfrakturen

Unter einer Fraktur versteht man eine Kontinuitätsunterbrechung eines Knochens mit konsekutiver Entstehung einer oder mehrerer Fragmente. Meist sind Frakturen traumatischer Genese. Hierbei können Frakturen, welche durch direkte Gewalteinwirkung entstehen, von Frakturen, die durch indirekte Gewalteinwirkung entstehen, unterschieden werden. Neben diesen traumatischen Frakturen kann bei alteriertem Knochengewebe ein inadäquates Trauma zu einer pathologischen Fraktur führen. Als weitere besondere Form der Fraktur können durch wiederholte Mikrotraumen sog. Ermüdungsbrüche entstehen. Wird ein Knochenabschnitt nur partiell von einer Bruchlinie durchzogen und somit die Kontinuität teilweise erhalten, handelt es sich um eine Infraktion.

Prinzipiell können dislozierte von nicht dislozierten Frakturen unterschieden werden. Bei Dislokation der Fragmente ergeben sich verschiedene Möglichkeiten der Art der Dislokation:

- a) Dislocatio ad longitudinem cum contractione = Verschiebung in der Längsachse mit Verkürzung durch Übereinanderschieben der Fragmente
- b) Dislocatio ad longitudinem cum distractione = Verschiebung in der Längsachse mit Auseinanderklaffen der Fragmente
- c) Dislocatio ad axim = Achsenabknickung
- d) Dislocatio ad latus = Verschiebung zur Seite
- e) Dislocatio ad peripheriam = Rotation um die Längsachse

Im Bereich des Unterkiefers als exponiertem Knochen treten in Relation zu sonstigen Gesichtsschädelverletzungen häufig traumatische Läsionen auf. So wird in der Literatur der Anteil der Unterkieferfrakturen an der Gesamtzahl

aller Gesichtsschädelfrakturen mit bis zu siebenzig Prozent angegeben. In fünfzehn Prozent der Fälle ist ein weiterer Gesichtsschädelknochen beteiligt [87]. Als häufigste Ursachen kommen in den Industrienationen Verkehrsunfälle, Rohheitsdelikte und Sportunfälle in Betracht.

Eine Einteilung der Unterkieferfrakturen kann nach dem Gebisszustand in Frakturen im bezahnten Kiefer, Frakturen im zahnlosen oder zahnarmen Kiefer und Frakturen im Milch- oder Wechselgebiss erfolgen.

Nach topographischen Gesichtspunkten können Unterkieferfrakturen wie folgt eingeteilt werden [28]:

- I) Frakturen innerhalb der Zahnreihe:
  - Median- oder Paramedianfrakturen
  - Frakturen der Eckzahnregion
  - Frakturen im Seitenzahnggebiet
- II) Frakturen außerhalb der Zahnreihe:
  - Kieferwinkelfrakturen
- III) Frakturen des Ramus ascendens (ohne Gelenkfortsatzfrakturen):
  - Längsbruch
  - Querbruch
  - Fraktur des Processus muscularis
- IV) Mehrfachbrüche
- V) Trümmer- und Defektbrüche
- VI) Gelenkfortsatzfrakturen:
  - a) Diakapituläre Fraktur (intra- und extrakapsulär)
  - b) Hohe Gelenkfortsatzfraktur (Abbruch der Gelenkwalze, intra- und extrakapsulär)
  - c) Mittlere Gelenkfortsatzfraktur (extrakapsulär)
  - d) Tiefe Gelenkfortsatzfraktur (Fraktur der Gelenkfortsatzbasis)
  - e) Fraktur der Gelenkpfanne (seltene Sonderform)

## 1.2 Anatomische Grundlagen und Biomechanik

Die Mandibula nimmt aufgrund ihrer besonderen Form und Lage im Gesichtsschädel eine Sonderstellung ein. Sie gliedert sich in einen horizontalen Corpus mandibulae, der den Processus alveolaris mandibulae trägt und beidseits im Angulus mandibulae in den Ramus ascendens übergeht. Die Zähne sind im Alveolarfortsatz, der eine ausgeprägte Spongiosastruktur besitzt, ligamentär in Zahnfächern verankert. Der aufsteigende Ast spaltet sich cranial in den Gelenkfortsatz (Processus condylaris) und in den Muskelfortsatz (Processus coronoideus). Der Gelenkfortsatz trägt auf dem schlanken Unterkieferhals (Collum mandibulae) den Gelenkkopf (Caput mandibulae).

Entwicklungsgeschichtlich ist der unpaarig angelegte Unterkiefer ektodermalen Ursprungs, bildet sich im Laufe der 5. und 6. Woche aus dem ersten Kiemenbogen und ossifiziert in der Folgezeit desmal [91].

Als einzig frei beweglicher Gesichtsschädelknochen steht der Unterkiefer lediglich über das Temporomandibulargelenk mit dem Os temporale in fester Verbindung zum Viszerokranium. Beim Kauen entstehen physiologische Zug- und Druckkräfte, welche vom Unterkiefer auf das Viszero- und Neurokranium übertragen werden. Dementsprechend resultieren hieraus Zug- und Drucklinien bestimmter Richtungen, sogenannte Trajektorien, in deren Bereich die Kompakta stärker und die Spongiosa kräftiger entwickelt sind (Abb.1). Am Unterkiefer lässt sich zwischen dem bis in das Kapitulum reichenden Basalbogen und dem Trajectorium dentale, marginale und temporale unterscheiden. Die beiden Hauptzüge verlaufen entsprechend dem Prinzip der Leichtbauweise als Zugtrajektorium in der Pars alveolaris und als Drucktrajektorium im Basalteil des Unterkiefers. In den meisten Fällen verlaufen Frakturen quer zu diesen Trajektorien [86, 92].

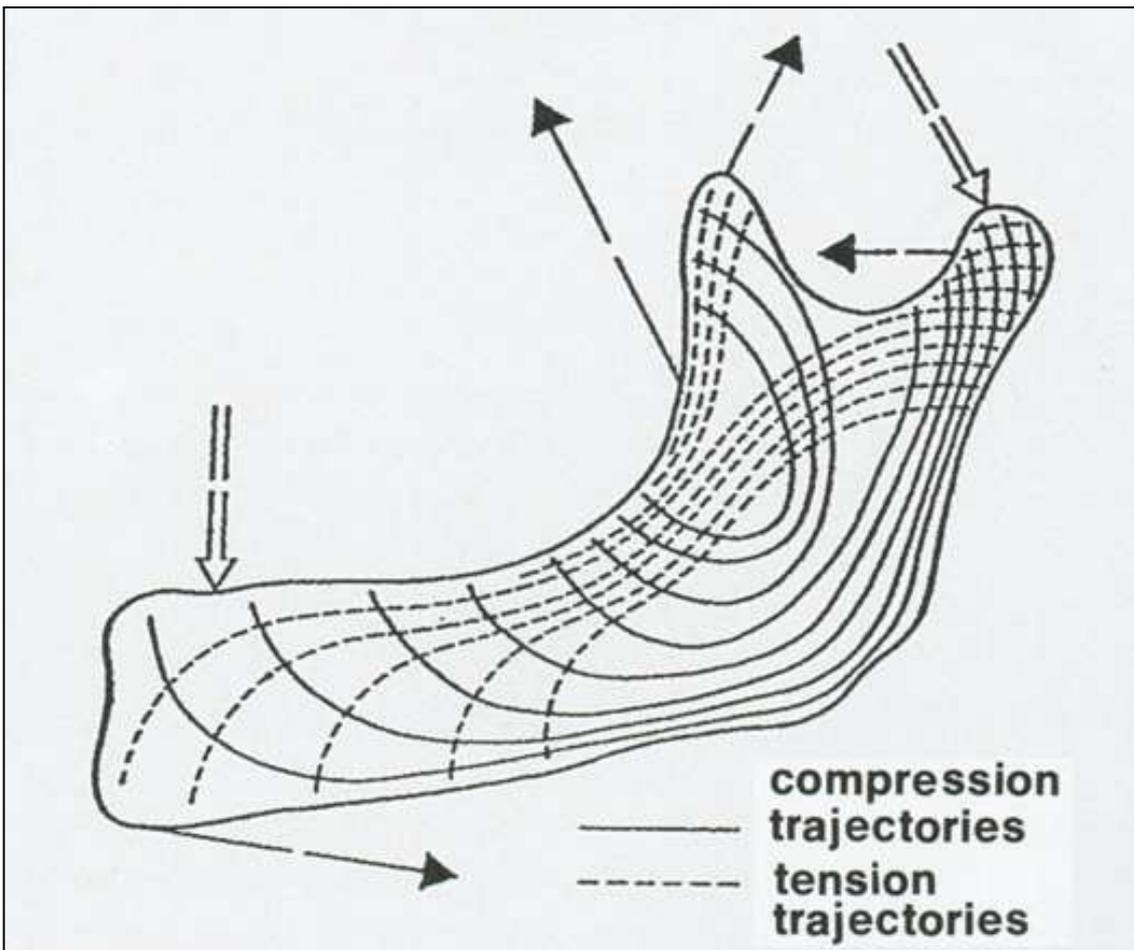


Abb. 1: Trajektoriensystem des Unterkiefers. Aus: Krenkel, C., : Biomechanics and osteosynthesis of condylar neck fractures of the mandible. Quintessence Publishing, Illinois, 1994

Bis zu einem bestimmten Grad kann Knochengewebe einwirkende Energien tolerieren, ohne zu frakturieren. Bestehende Schutzmechanismen wie Zurückweichen des Objekts, Deformation der bedeckenden Weichteile und elastische Verformung von Knorpel und Knochen können eine Fraktur verhindern. Wird aber die Absorptionskapazität des Knochengewebes in statischer oder dynamischer Form überlastet, kann die dabei entstehende kinetische Energie nicht mehr aufgenommen werden und es kommt zur Frakturierung des Knochens. Dies geschieht zum einen in Abhängigkeit von der

Dauer der einwirkenden Kraft. Bei kurzer Dauer kann eine höhere Energie vom Knochen aufgenommen werden als bei länger andauernder. Zum anderen wird das Bruchgeschehen von der absorbierten Energie beeinflusst. Nach der Formel  $E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2$  hängt das Ausmaß der aufzunehmenden Energie von der Masse  $m$  der beiden kollidierenden Objekte und vom Quadrat der Aufprallgeschwindigkeit  $v$  ab. Die kinetische Energie muss geleistet werden, um den Körper zu beschleunigen und sie wird frei, wenn der Körper abgebremst wird. Außerdem ist die Richtung der einwirkenden Kraft von Bedeutung, ebenso wie die Lastverteilung, welche Form und Lokalisation des Bruches beeinflussen.

Die auf das Knochengewebe einwirkende Kraft induziert eine Verformung, der vom Knochen ein bestimmter Widerstand entgegengesetzt wird und als Spannung definiert wird. Sie kann als Druck-, Zug-, Schub- oder Biegespannung auftreten. Bei Gewalteinwirkung kommt es zumeist zu einer Kombination der verschiedenen Spannungsformen, woraus verschiedene typische Bruchmechanismen resultieren.

Biegungsbrüche können direkt oder indirekt entstehen, wenn das Knochengewebe zu starker Biegung ausgesetzt wird und bricht. Sie stellen einen der häufigsten Bruchmechanismen dar und werden insbesondere im Bereich des Unterkieferkörpers als direkte Form beobachtet und als indirekte in Form von Gelenkfortsatzfrakturen. Stauchungsbrüche werden durch Stauchung des Knochens in Längsrichtung hervorgerufen und sind stets indirekte Frakturen. Abscherbrüche sind ebenfalls indirekte Frakturen, bei der sich die Fragmente gegeneinander verschieben und im allgemeinen im Bereich des Ramus mandibulae auftreten.

Typisch für Frakturen am Unterkiefer sind Mehrfachbrüche an anatomisch bedingten Prädilektionsstellen. So finden sich häufig Median- oder Paramedianfrakturen in Kombination mit einseitigen oder beidseitigen Kollumfrakturen oder Paramedianfrakturen in Kombination mit kontralateralen Kieferwinkelfrakturen [44].

### 1.3 Frakturen des Processus condylaris mandibulae

Bei etwa einem Drittel aller Unterkieferfrakturen findet sich eine Beteiligung der Kondylarregion [87]. Nach einer Studie von Marker et al. treten Frakturen des Collum mandibulae bei 26%-57% aller Unterkieferfrakturen auf [55]. Am häufigsten handelt es sich bei Frakturen im Bereich des Collum mandibulae um indirekte Frakturen nach Gewalteinwirkung auf die Kinnregion. Weiterhin können Kräfte welche von kaudal auf den Kieferwinkelbereich wirken, Kollumfrakturen verursachen. Direkte Frakturen durch Krafteinwirkung von lateral sind hingegen seltener.

Bezüglich der Einteilung von Kollumfrakturen bestehen verschiedene Klassifikationsschemata. So unterscheiden Spiessl und Schroll [93] in der am weitesten verbreiteten Klassifikation hohe von tiefen Kollumfrakturen, entweder jeweils mit oder ohne Luxation und Dislokation. Zusätzlich wird in nicht dislozierte und diakapituläre Frakturen unterteilt.

Einteilung der Kollumfrakturen nach Spiessl und Schroll:

- I Kollumfraktur ohne wesentliche Dislokation
- II Tiefe Kollumfraktur mit Dislokation
- III Hohe Kollumfraktur mit Dislokation
- IV Tiefe Kollumfraktur mit Luxation
- V Hohe Kollumfraktur mit Luxation
- VI Capitulumfraktur

Eine weitere Einteilung nach Lindahl unterscheidet unter anderem zwischen hohen, mittelhohen und tiefen Kollumfrakturen. Hiervon abgrenzend wird noch in verschiedene Subtypen der diakapitulären Frakturen und in hohe und tiefe Kollumbasisfrakturen unterteilt [87]. Schwenzer unterscheidet Kapitulumfrakturen von Kollum- und Luxationsfrakturen. Eine Subtypisierung erfolgt bei den Kollumfrakturen in Frakturen im oberen Drittel, im mittleren Drittel und der Basis des Gelenkhalses. Bei den Luxationsfrakturen kann

zwischen einer Luxation nach medial, ventral, dorsal und lateral unterschieden werden [86]. Die Luxationsfraktur ist die schwerwiegendste Form der Gelenkverletzung mit Luxation des Kiefergelenksköpfchens aus der Fossa articularis. Die am häufigsten anzutreffende Luxationsfraktur ist die Medialluxation des Köpfchens. Wassmund unterscheidet nach dem Grad der Dislokation und Luxation in vier Typen [86]:

Typ 1: Fraktur im Halsgebiet mit Subluxation und Achsenknickung des Köpfchens von 10 bis 40° bei Berührung der Fragmente.

Typ 2: Luxationsfraktur mit Achsenknickung von 50 bis 90° und schmalflächiger Berührung der Fragmente.

Typ 3: Starke Dislokation nach medial, keine Berührung der Fragmente.

Typ 4: Luxation nach ventral, nach dorsal und nach lateral.

Bei allen genannten Klassifikationen fehlt jedoch eine eindeutige Definition der hohen beziehungsweise tiefen Frakturlokalisation. Von Loukota et al. wird vorgeschlagen, die Grenze zwischen hoher und tiefer Gelenkfortsatzfraktur an der Incisura semilunaris zu definieren [53]. Hierbei spricht man von einer hohen Gelenkfortsatzfraktur, wenn mehr als die Hälfte der Frakturlinie kranial einer Senkrechten zur Ramustangente durch die Incisura semilunaris verläuft. Eine weitere Subklassifikation der intraartikulären Frakturen (Typ VI nach Spiessl und Schroll) nach dem therapeutisch relevanten Bruchverlauf erfolgte durch Rasse[72] und Neff [63].

## 1.4 Klinik und Diagnostik

Klinisch äußert sich eine Fraktur des Collum mandibulae extraoral typischerweise durch Schwellung und Druckschmerzhaftigkeit im Bereich des Kiefergelenkes mit fortgeleitetem Stauchungsschmerz, auslösbar durch Druck auf die Kinnschuppe nach dorsal oder den Kieferwinkel nach kranial. Begleitend zeigt sich meistens eine Einschränkung der Mundöffnung, bei einseitiger Fraktur zusätzlich mit ipsilateraler Seitdeviation bei der Öffnungsbewegung. Zusätzlich können Verletzungen des anatomisch in enger Beziehung stehenden Gehörganges auftreten. Dies kann sich neben einer Blutung aus dem Gehörgang auch durch eine Hypakusis durch partielle Verlegung des Meatus acusticus externus äußern. Intraoral zeigt sich bei einseitigen, dislozierten Frakturen meist eine Okklusionsstörung im Sinne eines ipsilateralen Kreuzbisses bei kontralateral offenem Biss. Bei doppelseitigen Frakturen der Colla mandibulae mit verkürzter vertikaler Dimension des aufsteigenden Astes zeigt sich klassischerweise ein frontal offener Biss mit retraler Position des Unterkiefers.

Diagnostisch steht neben der klinischen Untersuchung die Anfertigung eines Orthopantomogramms und einer Schädel-p.a. 15° - Aufnahme nach Clementschitsch zur Darstellung einer zweiten Ebene im Vordergrund. In Kombination mit Frakturen des Mittelgesichts im Sinne eines panfazialen Traumas wird in aller Regel ergänzend eine Computertomographie durchgeführt. Andere diagnostische Verfahren stehen im Hintergrund. In seltenen Fällen kann zur besonderen Darstellung weichgeweblicher Strukturen oder Verletzungen des Discus articularis die Anfertigung eines MR-Tomogramms in Betracht gezogen werden. Differentialdiagnostisch sollte immer an eine pathologische Fraktur im Rahmen zystischer Prozesse oder eines Malignoms gedacht werden. Dies ist jedoch im Bereich des Gelenkfortsatzes eher untypisch. Weiterhin können auch Kiefergelenkskontusionen oder Distorsionen o.g. Symptome verursachen.

## 1.5 Chirurgische versus konservative Therapie

Für Frakturen des Mittelgesichts und des Corpus mandibulae gelten die allgemeinen Richtlinien zur operativen Versorgung im Sinne einer Reposition und Osteosynthese bei stärkerer Dislokation. In der Traumatologie des Gesichtsschädels nehmen Frakturen des Processus condylaris mandibulae auch heute noch eine Sonderstellung ein. Indikationsstellungen zur operativen Versorgung werden in der Literatur kontrovers diskutiert [14]. Dies liegt zum einen an der aufwändigen operativen Zugänglichkeit der Gelenkregion mit möglicher Gefährdung des N. facialis bei extraoralem Zugang, zum anderen aber auch an der anatomisch bedingten äußerst schwierigen Reposition und anschließenden osteosynthetischen Fixierung. Ein weiterer Grund mag sein, dass die funktionellen Ergebnisse nach konservativer Behandlung auch bei deutlicher Dislokation durchaus mit denen der operativen Versorgung konkurrieren.

In der Literatur gibt es nur wenige Studien, in der beide Behandlungsmethoden prospektiv randomisiert miteinander verglichen wurden. In einer Studie von Worsaae et al. [110], in der die konservative mit einer operativen Therapie bei einseitig dislozierten Gelenkfortsatzfrakturen verglichen wurde, konnten bei operativem Vorgehen bezüglich des anatomischen und funktionellen Ergebnisses signifikant bessere Ergebnisse erzielt werden. Es gibt eine ganze Reihe weiterer Studien, die ähnliche Ergebnisse zeigen und eine operative Therapie favorisieren [2, 6, 19, 34, 43, 68, 73, 101, 111]. Zur Objektivierung eines verbesserten funktionellen Ergebnisses wird häufig die Axiographie eingesetzt, in der meist verbesserte Latero- und Protrusionsbewegungen und eine geringere Seitdeviation bei Öffnungsbewegung nach operativer Therapie im Vergleich zur konservativen nachweisbar sind [6]. Dennoch bleibt zu berücksichtigen, dass geringe funktionelle Beeinträchtigungen zwar mittels moderner Diagnostik nachweisbar sind, für den Patienten jedoch möglicherweise nicht wahrnehmbar oder für ihn nur unwesentlich beeinträchtigend sind. Dies muss individuell gegen das Operationsrisiko abgewogen werden. Vor allem vor dem Hintergrund, dass

auch Studien vorliegen, die keinerlei signifikant besseren Resultate nach operativer Therapie zeigen [25, 46, 97]. In einer Studie von Marker et al. wurde bei einem Patientenkollektiv von 348 Patienten mit konservativer Frakturversorgung über einen Beobachtungszeitraum von einem Jahr lediglich bei 2% eine Okklusionsstörung beobachtet, hierbei vor allem nach bilateralen Frakturen und Luxationsfrakturen. Bei 13% der Patienten konnten eine gering eingeschränkte Mundöffnung und / oder eine Seitdeviation bei Öffnungsbewegung nachgewiesen werden. Die Autoren kommen daher zu dem Schluss, dass die konservative Therapie eine atraumatische und sichere Therapiemethode darstellt [56].

Mit der Entwicklung moderner Osteosynthesysteme hat sich im Laufe der Zeit bei dislozierten Kollumbasisfrakturen jedoch ein Trend zur operativen Therapie hin entwickelt. Insbesondere bei bilateralen Frakturen des Gelenkhalses und bei Frakturen, die in Kombination mit weiteren Gesichtsschädelverletzungen auftreten, konnte ein verbessertes Ergebnis nach operativer Therapie nachgewiesen werden [15, 18, 66, 104]. In mehreren Studien von Neff et al. [62, 63, 64, 65] konnte gezeigt werden, dass Patienten auch bei hohen Kollumluxationsfrakturen und diakapitulären Frakturen von einer operativen Therapie durch Erhalt der Diskusmobilität und der Vertikaldimension profitieren. Dieses Vorgehen wird auch in Studien von Hlawitschka et al. empfohlen, in der bei diakapitulären Frakturen mit Verlust der Vertikaldimension ein operatives Vorgehen diskutiert wird [30, 31].

Bezüglich der Indikationsstellung einer operativen versus einer konservativen Therapie bei Frakturen im Gelenkhalsbereich gibt es derzeit kein festes Behandlungsschema. In einer Konsensus-Konferenz konnten im Jahre 1999 die Eckpunkte der Behandlung von Gelenkfortsatzfrakturen festgelegt werden [5]. Ziel ist die Wiederherstellung oder Beibehaltung einer ungestörten Okklusion, eine normale Mundöffnung (SKD um 40mm), ein schmerzfreies Gelenk und eine minimale Morbidität im Sinne einer Schonung des N. facialis und unauffälligen Narben bei chirurgischen Eingriffen. Bezüglich der Indikation zur operativen Therapie wurde hierbei betont, dass im Wachstumsalter meist ein konservatives Vorgehen indiziert ist, wengleich es nicht erwiesen ist, dass

ein operatives Vorgehen zwangsläufig ein ungünstiges klinisches Ergebnis zur Folge hat. Ein konservatives Vorgehen bei dislozierten Gelenkfortsatzfrakturen im Kindesalter wird auch in der von Thoren et al. durchgeführten Studie empfohlen, in der 34 Kinder mit Gelenkfortsatzfrakturen konservativ behandelt wurden und über einen mittleren Beobachtungszeitraum von etwa acht Jahren radiologisch zwar Veränderungen am Kiefergelenk im Sinne von Asymmetrien oder einem unvollständigem remodelling sichtbar waren, funktionell und klinisch jedoch allenfalls geringe Beeinträchtigungen am Kiefergelenk nachweisbar waren [100]. Wie bereits in der Studie von Newman [66] wurde im Rahmen der Konsensus-Konferenz ebenfalls eine operative Therapie bei dislozierten, bilateralen Frakturen, zumindest einseitig, empfohlen. Bei einseitiger Versorgung einer beidseitigen Fraktur besteht jedoch das Risiko einer weiteren Dislokation kontralateral. Desweiteren wurde bezüglich Gelenkhalsfrakturen ein operatives Vorgehen beim panfazialen Trauma empfohlen [5]. Die Morbidität bezüglich einer potentiellen Nervschädigung wurde hier beim erfahrenen Operateur mit unter einem Prozent angegeben. Erwähnenswert scheint noch, dass nicht zwangsläufig eine Beziehung zwischen dem Grad der Dislokation oder Luxation und dem klinischen Ergebnis nach konservativem Vorgehen besteht und dass es nur geringe wissenschaftlich fundierte Nachweise für einen klinischen Benefit nach initial straffer mandibulo-maxillärer Fixierung gibt [5].

Nach Eckelt sollte bei einer frakturbedingten Verkürzung des Ramus mandibulae von mehr als 5-6mm und einer Dislokation des Gelenkkopfes von mehr als 30° nach medial eine operative Einstellung der Fragmente erfolgen. Nach wie vor uneinheitlich ist das Vorgehen bei stark dislozierten Capitulumfrakturen [11]. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Ansprüche von ärztlicher Seite aus und auch von Seiten des Patienten an ein funktionell gutes Ergebnis weiter steigen werden.

## 1.6 Prinzipien der Osteosynthese

Die Osteosynthese ist ein operatives Verfahren zur schnellstmöglichen Wiederherstellung der vollen Funktionsfähigkeit eines frakturierten Knochens. Auf diese Weise ist eine frühfunktionelle und schmerzfreie Übungsbehandlung möglich. Prinzip dabei ist die anatomische Reposition und anschließende Stabilisierung der Fraktur [37]. Im Bereich des Unterkiefers kommen verschiedene Osteosynthesysteme zum Einsatz.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) leiteten Spiessl, Schilli und Niederdellmann spezielle Osteosynthesysteme für den Kieferbereich ab, wofür modifizierte AO-Platten verwendet wurden. Ähnliche Systeme wurden von Luhr, Becker und Machtens entwickelt. Die erste Kompressionsosteosynthese der Welt im maxillofazialen Bereich erfolgte bei einer doppelseitigen Fraktur des Unterkiefers im Jahre 1967 durch Luhr [54].

Bei den Kompressionsplattenosteosynthesen im Unterkiefer mit oftmals extraoralem Zugang werden die Schrauben bikortikal fixiert. Der operative Eingriff muss mit Rücksicht auf die anatomischen Gegebenheiten (Zahnwurzeln und Nervus alveolaris inferior) durchgeführt werden, daher werden die Osteosyntheseplatten am Basalrand des Unterkiefers befestigt [93]. Eine außerordentlich geringe Rate an schwerwiegenden Komplikationen konnte jedoch auch beim intraoralen Zugang für Kompressionsosteosynthesen am Unterkiefer nachgewiesen werden [74].

Ein völlig konträres Prinzip verfolgt dagegen die von Champy entwickelte monokortikale Osteosynthese mit Miniplatten [7]. Jedes Fragment muss dabei mit mindestens zwei Schrauben sicher fixiert werden. Die wesentlich kleineren Schrauben können direkt am Ort der höchsten Zugspannung inseriert werden und verletzen dabei weder Zahnwurzeln noch Nerven. Die korrekte Position der Miniplatten folgt dabei einer Ideallinie, die im Bereich des Kieferwinkels der Linea obliqua externa entspricht. Um die im Frontzahnggebiet zusätzlich auftretenden Torsionkräfte aufzufangen, müssen mesial der Prämolaren zwei übereinanderliegende Osteosyntheseplatten befestigt werden.

Zu Beginn dieses Jahrhunderts wurden Frakturen des Processus condylaris stets konservativ versorgt. Die ersten Operationen im Gelenkbereich wurden von Perthes im Jahre 1924 beschrieben [69]. Eine Drahtosteosynthese zur Fixation wurde erstmals von Waßmund erwähnt [11, 108]. Die erste Miniplattenosteosynthese im Bereich des Collum mandibulae erfolgte durch Snell im Jahre 1969 [90]. Bezüglich der operativen Versorgung von Frakturen im Bereich des Gelenkfortsatzes sind die nicht funktionsstabilen Osteosyntheseverfahren wie Drahtnaht oder die interne Marknagelung mit einem Kirschner-Draht wegen ihrer Instabilität heute verlassen worden [11]. Die osteosynthetische Frakturversorgung im Bereich der Colla erfolgt heute in aller Regel mit monokortikal inserierten Miniplatten [78]. Die Kortikalisdicke beträgt nach einer Untersuchung von Heibel et al. am Gelenkhals jedoch nur etwa 1,11-1,74mm. Die Untersucher gehen daher davon aus, dass die bei monokortikal versorgten Gelenkhalsfrakturen verwendeten, meist etwa 5-7mm langen Osteosyntheseschrauben eine zusätzliche Verankerung in der gegenüberliegenden, medialen Kortikalis erhalten [29].

Eine weitere Therapieoption bieten Zugschrauben oder die Kombination von Zugschrauben mit Miniplatten.

Im Rahmen der Konsensus-Konferenz 1999 wurde bezüglich des zu verwendenden Osteosynthesystems bei Gelenkhalsfrakturen keine eindeutige Aussage getroffen. Es wurde lediglich darauf hingewiesen, dass die osteosynthetische Frakturversorgung meist mit Miniplatten oder mittels Zugschraubenosteosynthese erfolgt [5].

In einer von Hammer et al. veröffentlichten Studie wurden bei 31 mit jeweils einer 2.0mm Fünf-Loch-Miniplatte operativ versorgten Collumfrakturen in insgesamt 35% Komplikationen wie Schraubenlockerungen oder Plattenbrüche beschrieben. Der Autor schließt hieraus, dass eine ausreichende Stabilität nur mit zwei Miniplatten, einer dynamischen Miniplatte oder einer 2.4mm Platte erzielt werden kann [23]. Die Verwendung zweier Miniplatten zur Osteosynthese von Gelenkhalsfrakturen wird ebenfalls von der Studiengruppe um Wagner et al. empfohlen, die mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente an humanen Unterkiefern die Biomechanik am Gelenkhals untersuchten [107]. Zu

einer ähnlichen Einschätzung gelangt Meyer in einer Studie aus dem Jahre 2002. Hier wurde eine Belastungsanalyse des Gelenkfortsatzes am menschlichen Unterkiefer während der Mastikation durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass im dorsalen Anteil des Gelenkhalses hauptsächlich Druckkräfte auftreten, während im vorderen Anteil Zugkräfte überwiegen [59]. Diese Erkenntnis steht im Widerspruch zu der häufig durchgeführten Osteosynthese mit lediglich einer Miniplatte im dorsalen Anteil des aufsteigenden Astes und dem von Champy vertretenen Konzept der Osteosynthese im Bereich auftretender Zugspannung. Es liegen eine Reihe weiterer Studien vor, bei denen Schraubenlockerungen oder Plattenbrüche bei Osteosynthese mit lediglich einer Miniplatte beschrieben wurden [9, 71].

Haug et al. favorisieren in einer Studie, in der verschiedene Osteosynthesysteme bei synthetischen Mandibulamodellen verglichen werden, die dynamische Miniplatte aufgrund bester biomechanischer Eigenschaften [27].

Die Zugschraubenosteosynthese ist vom biomechanischen Standpunkt als besonders stabil zu bewerten [12, 43, 45, 77]. In der Modifikation nach Eckelt [10] wird nach erfolgreicher Reposition, vom Frakturspalt beginnend, eine Rinne im Unterkieferast nach kaudal gefräst. Diese Rinne entspricht dem späteren Verlauf des Gleitkanals [11]. In einer Studie von Sugiura et al. zeigte die Zugschraubenosteosynthese nach Eckelt gegenüber der Miniplattenosteosynthese signifikant bessere Ergebnisse bezüglich der im weiteren postoperativen Verlauf aufgetretenen Seitdeviation bei Öffnungsbewegungen [96]. Es liegen jedoch auch Studien vor, die die Miniplattenosteosynthese favorisieren [22].

In Zukunft werden vor allem in der schwer zugänglichen Gelenkregion sicherlich resorbierbare Osteosynthesematerialien eine wichtige Rolle spielen, welche eine Entfernung des eingebrachten Osteosynthesematerials überflüssig machen [4, 13, 24, 42].

## 1.7 Operative Zugänge zum Collum mandibulae

Eine operative Intervention erfolgt in aller Regel bei dislozierten und luxierten Frakturen im Bereich der Kollumbasis, insbesondere bei doppelseitiger Fraktur oder Frakturen im Rahmen eines panfazialen Traumas. An den operativen Zugang zum Kiefergelenk werden im wesentlichen drei Anforderungen gestellt [11]:

Er soll

1. keine bleibenden Schädigungen, insbesondere des N. facialis, verursachen,
2. eine gute Übersicht über die Gelenkregion erlauben und damit
3. eine übersichtliche Reposition der Fragmente ermöglichen sowie eine wenig sichtbare Narbe verursachen.

Bezüglich des operativen Zuganges bestehen mehrere Möglichkeiten. Zu den am häufigsten verwendeten zählt der submandibuläre Zugang. Erstmals erwähnt wurde dieser Zugang von Perthes im Jahre 1924 und er zählt heute zu den am meisten verwendeten Zugängen zur Gelenkregion [11,69]. Hierbei erfolgt nach einer Hautinzision etwa zwei Querfinger unterhalb des Unterkieferrandes und Präparation durch das subkutane Fettgewebe die Durchtrennung des Platysmas auf gleicher Höhe. Der Ramus marginalis bleibt hierbei kranial der Schnitfführung und kann somit geschont werden. Hauptsächlicher Nachteil dieses Zuganges ist die große Distanz zwischen Hautinzision und Fraktur. Eine weitere Option ist der präauriculäre Zugang, welcher vornehmlich zur Darstellung oberer Anteile des Gelenkfortsatzes und des Discus articularis angewendet wird. Weitere Möglichkeiten sind der retromandibuläre oder der perianguläre Zugang nach Eckelt. Beim Zugang nach Eckelt wird epiplatysmal nach kranial präpariert. Nach Durchtrennung des Platysmas etwa 1cm kranial des Unterkieferrandes erfolgt die Darstellung der Fraktur nach Dissektion des M. masseter. Ein wichtiger Vorteil hierbei ist die sichere Schonung des Ramus marginalis des N. facialis.

Der operative Zugang von intraoral wurde erstmals von Silverman 1925 beschrieben [11,89]. Später wurde er von Steinhäuser im Jahre 1964 zur operativen Versorgung von Gelenkfortsatzfrakturen genutzt [11,94]. Beim intraoralen Zugang besteht der Vorteil, dass keine sichtbaren Narben entstehen. Jedoch besteht hier im Vergleich mit den anderen Verfahren eine relative Unübersichtlichkeit. Beim intraoralen Zugang erfolgt durch die Schnittführung am aufsteigenden Ast zumeist die Durchtrennung des N. buccalis mit konsekutiver, zumindest temporärer, Anästhesie im Bereich des Vestibulums und des Planum buccale, was von den Patienten jedoch häufig als wenig störend empfunden wird. In einigen Fällen versorgen Äste des N. buccalis auch kutane, extraorale Areale im Bereich des Kieferwinkels. Eine Hyp- oder Anästhesie in diesem Bereich wird von den Patienten meist deutlicher wahrgenommen. Eine Möglichkeit zur besseren Übersicht beim intraoralen Zugang sollte die endoskopisch assistierte Frakturversorgung bieten.

## 2. Fragestellungen

Ziel der Untersuchung war die Beantwortung der Frage, ob durch einen Zugang von intraoral bei der operativen Versorgung von Frakturen im Bereich der Basis des Collum mandibulae unter erschwerten Sichtverhältnissen und räumlich limitierten Bedingungen mit Hilfe endoskopischer Technik ein suffizientes Operationsergebnis im Sinne einer regelrechten Reposition und Osteosynthese erzielt werden kann. Ebenfalls von Bedeutung erschien die Frage, inwieweit eine in der Literatur in wenigen Fällen beschriebene von intraoral durchgeführte endoskopisch-assistierte Frakturversorgung in der Zukunft auch für den klinischen Einsatz in unserer Klinik möglich wäre. Hierbei sollten Erfahrungen des Operateurs in Bezug auf Operationsdauer und Operationsaufwand gesammelt und mögliche Probleme bei der praktischen Durchführung der Frakturversorgung erkannt werden.

In Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, wurden verschiedene Instrumente speziell zur erwähnten operativen Versorgung von intraoral entwickelt. Mit der Fragestellung, inwieweit durch diese Instrumente ein erleichtertes oder suffizienteres operatives Vorgehen möglich ist, wurden diese Prototypen erstmals an unserem Leichenmodell eingesetzt.

Für unsere Untersuchungen wurden nach Thiel- und alkohol-fixierte Präparate verwendet. Hierzu gibt es für das Fach Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie nahezu keine Veröffentlichungen in der Literatur. Ziel der Studie war somit auch die Beantwortung der Frage, inwieweit sich nach den genannten Verfahren konservierte Präparate für wissenschaftliche Studien für dieses Fachgebiet eignen.

Zusammenfassend konnten folgende Fragestellungen formuliert werden:

1. Inwieweit gelingt eine ausreichende Darstellung der Fraktur und der Fragmente über den intraoralen Zugang?
2. Kann die Fraktur über den intraoralen Zugang endoskopisch-kontrolliert reponiert werden?
3. Kann die Fraktur über den intraoralen Zugang endoskopisch-kontrolliert fixiert und osteosynthetisch versorgt werden?
4. Ist es möglich zur Osteosynthese zwei Miniplatten zu inserieren?
5. Ergibt sich ein Zusammenhang zwischen der Länge des Collumfragmentes und dem Ausmaß der präoperativen Dislokation einerseits und dem Repositionsergebnis andererseits?
6. Lässt sich eine Aussage zur Stabilität der durchgeführten Osteosynthese treffen?
7. Inwieweit stellen die speziell zur endoskopisch-assistierten osteosynthetischen Frakturversorgung bei Gelenkhalsfrakturen in Zusammenarbeit mit der Firma Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, neu entwickelten Prototypen verschiedener Instrumente einen Fortschritt dar?
8. Eignen sich nach Thiel- und alkohol-fixierte Leichenpräparate für wissenschaftliche Studien in der Mund-Kiefer-Gesichtchirurgie?

## **3. Material und Methoden**

### **3.1 Präparate und Studiendesign**

Ziel der Untersuchung war die CT-gestützte Auswertung des Repositions- und Osteosyntheseergebnisses nach von intraoral durchgeführter endoskopisch-assistierter Versorgung dislozierter Kollumbasisfrakturen des Unterkiefers in axialer, sagittaler und coronarer Richtung.

Verwendet wurden für die Studie vier nach Thiel- und zwei alkoholfixierte Leichenpräparate. Zur Verfügung standen somit am Studienbeginn insgesamt zwölf Colla mandibulae. Ein nach Thiel-fixiertes Präparat war aufgrund einer akzidentell bei der Frakturierung aufgetretenen hohen Gelenkfortsatzfraktur rechts osteosynthetisch nicht zu versorgen. Da auch kontralateral die Frakturierung nicht optimal gelang im Sinne einer deutlich zu weit kranialen Frakturlinie und der Kiefer ausgesprochen atroph imponierte wurde dieses Präparat nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Dem fortgeschrittenen Alter der Körperspender entsprechend waren die Unterkiefer weitgehend atrophiert und entsprachen somit nicht einem klinischen Durchschnittskollektiv. Vier der Präparate waren zahnlos. Die zwei übrigen Unterkiefer wiesen eine Restbezahnung mit den Zähnen 33, 43 und 47 und im anderen Falle 35, 34, 44, 45 und 46 auf.

Nach transbuccaler Frakturierung im Bereich der Kollumbasis und Dislokation des proximalen Fragmentes erfolgte die intraorale endoskopisch-assistierte Reposition und Osteosynthese mit Miniplatten. Um das operativ erzielte Ergebnis zu dokumentieren, wurde jeweils nach Frakturierung der Colla mandibulae und nach Reposition und osteosynthetischer Frakturversorgung ein CT durchgeführt. Ergänzend erfolgte abschließend eine visuelle und manuell-taktile Auswertung der mazerierten Unterkiefer zur Korrelation mit den akquirierten CT-Schnittbildern und der Frage nach der Stabilität der durchgeführten Osteosynthese.

## **3.2 Konservierung der Präparate**

Entgegen der üblichen Formalinfixierung wurden im Rahmen unserer Studie nach Thiel- und alkoholfixierte Präparate verwendet. Das bereits 1893 durch Blum in die Konservierungstechnik eingeführte Formalin spielt aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaft bei der Festigung aller Gewebe und durch Aufhalten aller Zerfallsprozesse auch heute noch eine wichtige Rolle bei der Leichenkonservierung [21, 98]. Entscheidende Nachteile sind jedoch die unnatürliche Härtung und Entfärbung des Gewebes, die bei den genannten anderen Verfahren nicht gegeben ist.

### **3.2.1 Thiel-fixierte Präparate**

Durch die Einführung der von Thiel erstmals 1992 beschriebenen Fixierung bleiben Plastizität und die natürlichen Farben des Präparates weitgehend erhalten [98]. Verwendet werden hierbei unter anderem 4-Chlor-3-Methylenphenol und verschiedene Salze zur Fixierung, Borsäure zur Desinfektion und Ethylenglykol zum Erhalt der Gewebeplastizität. Formalin wird auch in der von Thiel beschriebenen Konservierungsmethode verwendet, die notwendige Konzentration konnte jedoch deutlich reduziert werden [21]. Durch die von Thiel beschriebene Fixierungstechnik ist eine bleibende Mobilität aller Gelenke gegeben. Insbesondere die für unsere Versuchsreihe notwendige Mobilität des Kiefergelenkes mit suffizienter Mundöffnung für den intraoralen Zugang und die nahezu unveränderte Konsistenz und Farbe aller Weichgewebe sind zu erwähnen [70].

### **3.2.2 Alkohol-fixierte Präparate**

Zur Fixierung von Leichenpräparaten mit Alkohol wurde eine Mischung aus zwei Teilen Glycerin und fünf Teilen Alkohol 24 Stunden post mortem für

etwa zwei Stunden in die A. femoralis injiziert. Dies entspricht bei ausreichendem Druck einer Menge von etwa 18-25 Litern. Im Gegensatz zur weit verbreiteten Formalin-Fixierung bleibt hierbei die Farbe des Gewebes weitgehend erhalten. Die Rigidität des Gewebes ist zwar höher als bei der Fixierung nach Thiel, jedoch deutlich geringer als bei der herkömmlichen Formalin-Fixierung, was insbesondere für das intraorale operative Vorgehen mit suffizienter Mundöffnung notwendig war.

### **3.3 OP-Instrumentarium**

Folgendes OP-Instrumentarium wurde verwendet:

Wundhaken nach Langenbeck lang, (2x), BT 361, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Wundhaken nach Langenbeck kurz BT 358, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Wundhaken nach Langenbeck überlang breit BT 364, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Wundhaken nach Langenbeck überlang schmal, 89-07080, Stryker Leibinger GmbH, Freiburg, Germany

Wundhaken nach Langenbeck gegabelt, mod. nach Schwenzer (Ramushaken), 10262, A.D. Krauth, Hamburg

Progeniehaken außen (Schuchardt) 01-01136, Stryker Leibinger GmbH, Freiburg, Germany

Raspatorium nach Williger FK 300, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Raspatorium breit FK 302R, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Kelly-Schere spitzgebogen BC 161, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Chirurgische Pinzette nach Gilles BD 660R, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Klingenthaler Nr.3 mit Klängen Nr.15 BB73, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Mundsperrer nach Dehnhardt OM 047, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Zungenspatel BT 750, AESCULAP, Tuttlingen, Germany

Winkelschraubendreher nach Hauenstein mit Mikromotor 68.30.01, Medicon, Tuttlingen, Germany

Zur endoskopisch-assistierten Frakturversorgung wurde folgendes Endoskopie-Set verwendet (Abb. 2):

Endoskop mit Großbild-Vorausblick-Optik 30°, Ø 4,0mm, Länge 18cm, autoklavierbar, mit eingebauter Fiberglas-Lichtleitung und zugehörigem Kaltlichtkabel, 7230 BA, Kennfarbe rot, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Germany

Endoskopieset Telecam SL pal 20212020 mit Kamera Telcam 20212030 und Kaltlichtquelle Xenon nova 20131520, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Germany



Abb. 2: Endoskop mit Großbild-Vorausblick-Optik 30°, Ø 4,0mm, Länge 18cm, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Germany

In Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, wurden verschiedene Instrumente speziell zur endoskopisch-assistierten intraoralen Frakturversorgung von Frakturen des Collum mandibulae entwickelt. Diese Prototypen wurden erstmals an unserem Leichenmodell eingesetzt. Unter anderem wurde ein spezielles Instrument zur Reposition des proximalen Frakturanteils und zur verbesserten Fixierung vor osteosynthetischer Frakturversorgung verwendet (Abb.3 und 4). Zur Schaffung eines vergrößerten Sicht- und Arbeitsraums durch Abhalten der Weichteile lateral des aufsteigenden Astes wurde ein der Unterkieferform nachempfundenes in Abb.4 ersichtliches Instrument genutzt. Eine Führungsrinne erlaubt hierbei ein transbuccales Inserieren des Endoskopes.

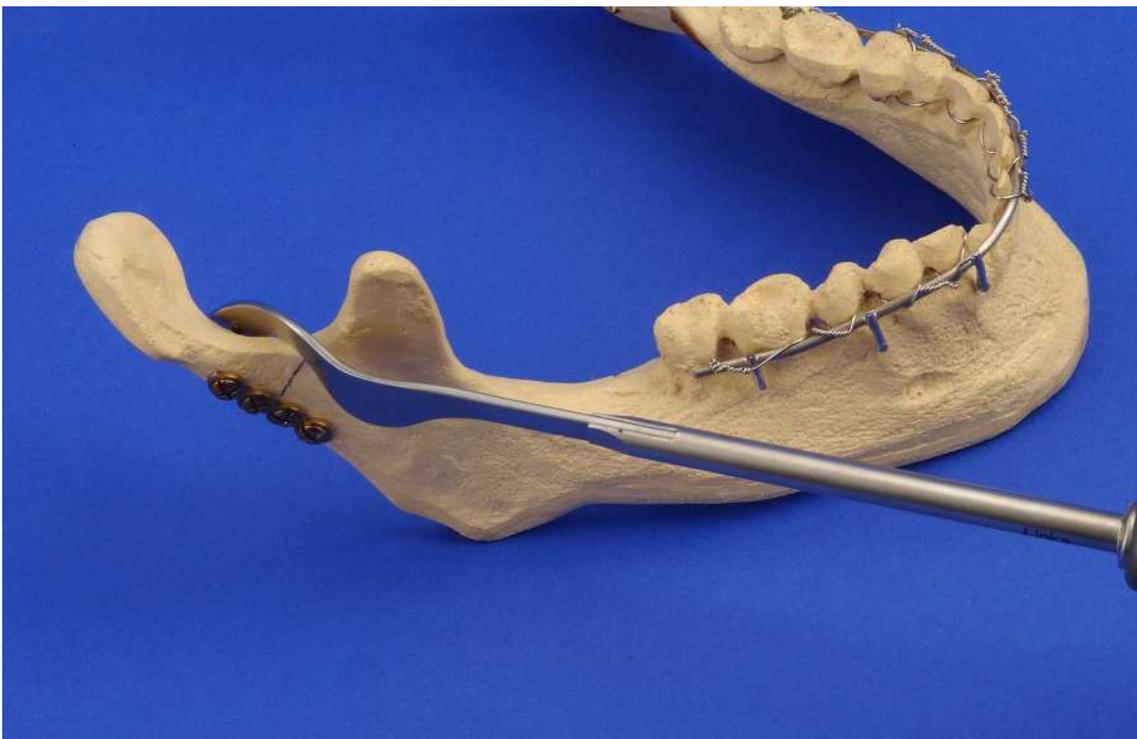


Abb.3: Prototyp eines Instrumentes zur Reposition des Collum mandibulae und verbesserten Fixierung vor osteosynthetischer Frakturversorgung der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen.



Abb.4: In Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, entwickeltes Instrument zum Abhalten der Weichteile lateral des aufsteigenden Unterkieferastes.

Zusätzlich wurde versuchsweise ein einer Fasszange nachempfundenenes Instrument zur Reposition des proximalen Frakturanteils über den intraoralen Zugang eingesetzt (Abb. 5 und 6).

Für die Osteosynthese wurden AO 2.0 4- und 5-Loch-Miniplatten und AO 2.0-Kreuzschlitz-Schrauben der Länge 6mm von der Firma Synthes GmbH u. Co. KG, Umkirch, Germany verwendet.



Abb.5 und 6: Prototyp eines Instrumentes zur Reposition des Collum mandibulae über einen intraoralen Zugang der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen.

### **3.4 Frakturierung der Basis des Collum mandibulae**

Nach Schleimhautinzision über dem aufsteigenden Ast bis nach vestibulär erfolgte das Ablösen des Weichteilmantels von der Lateralfäche des aufsteigenden Unterkieferastes mit dem Raspatorium vom Kieferwinkel bis zum Gelenkhals. Durch eine Stichinzision präauriculär und stumpfer transbuccaler Präparation konnte die Mikrostichsäge über diesen extraoralen Zugang unter Sicht von intraoral inseriert werden. Die Frakturierung erfolgte mit der Mikrostichsäge an der Basis des Collum mandibulae unter Sicht von intraoral und Abhalten der Weichteile mit dem überlangen Wundhaken nach Langenbeck. Anschließend wurde das proximale Fragment mit dem Raspatorium im kranialen Anteil nach medial disloziert.

### **3.5 Computertomographie und Auswertung der Daten**

Die nach Frakturierung durchgeführte CT-Diagnostik erfolgte in der durchgeführten Studie an einem 16-Zeiler-CT (Siemens Somatom Sensation 16). Es wurde bei 200 Schichten eine Schichtdicke von 0,75mm gewählt (Increment 0,5mm; Kernel B60s; Kollimation 0,75mm). Nach Transformation der CT-Rohdatensätze in ein DICOM-Format erfolgte die Auswertung mit Hilfe des Computerprogrammes *coDiagnostix, Version 4.3* (IVS Solutions AG, Annaberger Straße 240, 09125 Chemnitz). Hiermit konnte der Unterkiefer in allen drei Raumebenen dargestellt und eine anschließende Messung von Dislokationen und Achsabweichungen durchgeführt werden (Abb.7).

Gemessen wurde in axialer Schichtung die Achsabweichung in Grad der Querachse des Capitulum mandibulae in Bezug zur Clivushinterkante auf Höhe des Capitulum. Lag die Verlängerung der Querachse des Capitulum mandibulae dorsal der Clivushinterkante, wurde eine positive Winkelangabe gewählt. Lag die Verlängerung der Querachse des Capitulum mandibulae ventral der Clivushinterkante, wurde eine negative Winkelangabe gewählt.

In coronarer Schichtung erfolgte eine Messung der Achsabweichung in Grad des Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens sowie die metrische Dislokation ad latus und ad longitudinem des Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens in Millimetern. Alle Colla mandibulae wurden nach Frakturierung intendiert im kranialen Anteil nach medial luxiert. Somit ergab sich bei allen Präparaten eine Dislocatio ad latus mit Abweichung der fraktur-nahen proximalen Frakturfläche nach lateral. Bei Dislocatio ad longitudinem cum contractione wurde ein positiver metrischer Wert in Millimetern gewählt. Bei Dislocatio ad longitudinem cum distractione wurde ein negativer metrischer Wert in Millimetern gewählt. Ergänzend wurde die Länge des frakturierten Gelenkanteiles in coronarer Schichtung bestimmt.

In sagittaler Schichtung erfolgte eine Messung der Achsabweichung in Grad des Collum mandibulae in Bezug zur Hinterkante des Ramus ascendens. Bei Abgleiten des proximalen Fragmentes nach posterior oder Dorsalkippung und konsekutiv nach dorsal offenem Winkel in Bezug zum Ramus ascendens wurde eine positive Winkelangabe gewählt. Bei Stauchung des proximalen Fragmentes nach anterior oder Ventralkippung und konsekutiv nach anterior offenem Winkel in Bezug zum Ramus ascendens wurde eine negative Winkelangabe gewählt.

Als Kriterium für eine regelrechte Reposition und Osteosynthese wurden Achsabweichungen von weniger als  $5^{\circ}$  und Dislokationen von weniger als 1mm definiert.

Berechnet wurden jeweils der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung des Mittelwertes (standard error of the mean, SEM). Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels des Tabellenkalkulationsprogrammes Microsoft<sup>®</sup> Excel 2002, Microsoft Corporation, USA und dem Student t-Test. Ein Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  wurde als signifikant angesehen.

Die Auswertung der mazerierten Unterkiefer erfolgte visuell und photographisch zur Korrelation mit den akquirierten CT-Schnittbildern und manuell-taktil mit der Frage nach der Stabilität der Osteosynthese.

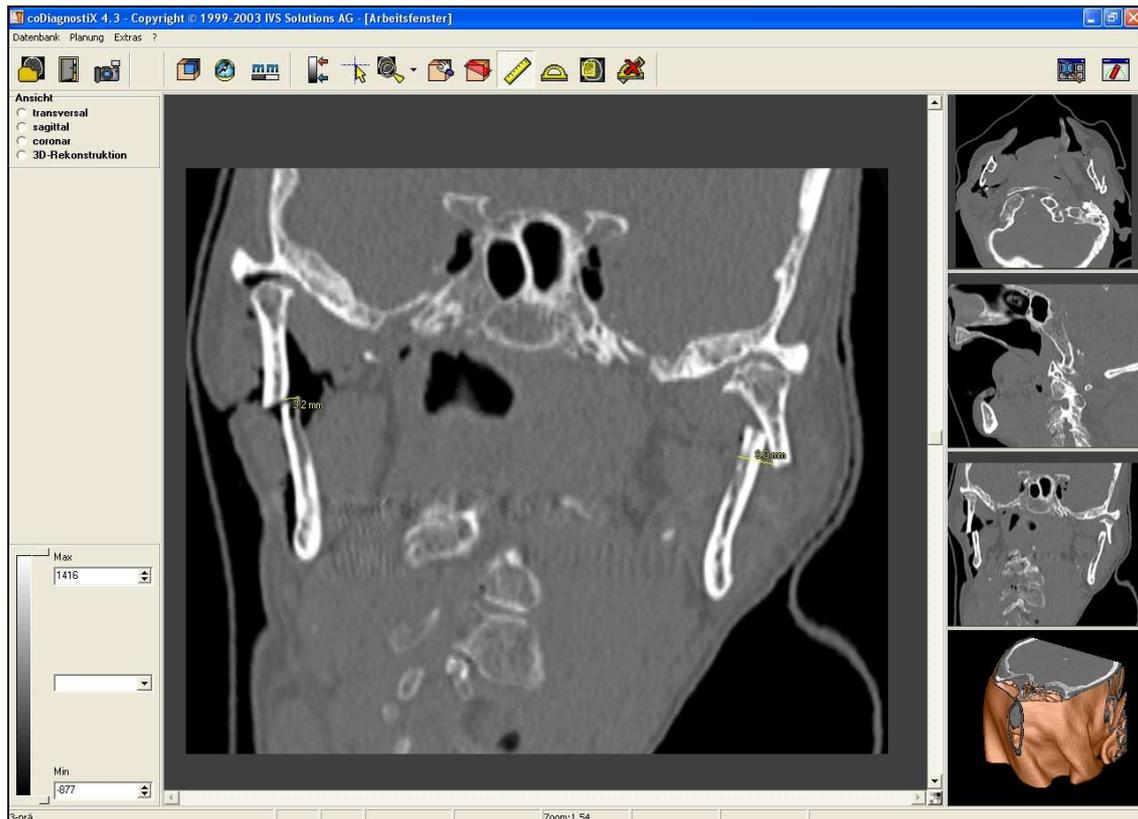


Abb.7: Die Auswertung der CT-Datensätze erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms *coDiagnostix*, Version 4.3 (IVS Solutions, 09125 Chemnitz). Hiermit war eine Darstellung des Unterkiefers in allen drei Raumebenen und eine anschließende Messung von Dislokationen und Achsabweichungen möglich.

### **3.6 Endoskopisch-assistierte Frakturversorgung**

Die für den operativen Zugang notwendige Schleimhautinzision über dem aufsteigenden Ast bis nach vestibulär regio 037 bzw. 047 und das Ablösen des Weichteilmantels von der Lateralfäche des aufsteigenden Unterkieferastes vom Kieferwinkel bis zum Gelenkhals war bereits zuvor zur Frakturierung der Collumbasis erfolgt (siehe Kapitel 3.4). Die nachfolgende endoskopisch-assistierte Reposition und Osteosynthese erfolgte durch ein Team bestehend aus Operateur und zwei Assistenten. Zum Abhalten der Weichteile von der Lateralfäche des Unterkiefers wurde ein äußerer Progeniehaken inseriert. Versuchsweise wurde hierfür zeitweilig auch der in Abb.4 ersichtliche Prototyp der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen verwendet. Nach vollständiger Präparation der Vorderkante des Pocessus muscularis wurde zum Abhalten der Weichteile nach cranial ein gegabelter Wundhaken nach Langenbeck (Ramushaken) im Bereich der Vorderkante des Processus coronoideus eingebracht. Auf diese Weise konnte durch die vom zweiten Assistenten inserierten Instrumente ein ausreichender Sicht- und Arbeitsraum geschaffen werden und das dislozierte proximale Fragment über das vom ersten Assistenten von intraoral eingebrachte Endoskop zur Gewinnung eines ersten Überblickes dargestellt werden. Dieses wurde nach kranial so weit mit dem Raspatorium präpariert, bis die Anbringung mindestens einer Miniplatte möglich war.

Über Kaudalzug durch kombiniert intra- und extraorales manuelles Fassen des Unterkiefercorpus und zeitgleiche Führung des Endoskopes durch den ersten Assistenten konnte das proximale Fragment durch den Operateur mit dem Raspatorium und versuchsweise durch die in den Abb.3-6 dargestellten Prototypen der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, unter endoskopischer Kontrolle reponiert werden. Da ein Großteil der Präparate zahnlos war oder eine geringe Restbezaahnung vorlag, wurde auf eine Okklusionssicherung mittels mandibulo-maxillärer Fixierung vor Osteosynthese verzichtet und die Frakturen wurden anatomisch gestellt.

Nach Reposition des Gelenkfortsatzfragmentes musste die reponierte Fraktur in der anatomisch korrekten Stellung vor osteosynthetischer Versorgung fixiert werden. Der Tendenz des Gelenkanteils frakturnahe erneut nach lateral zu dislozieren wurde durch Lateraldruck auf das distale Fragment mit dem Raspatorium entgegengewirkt. Zeitweise wurde auch hier experimentell das in Abb.3 und 4 demonstrierte Instrument verwendet.

Nach Fixierung in reponierter Position erfolgte schließlich die endoskopisch-assistierte und kontrollierte Osteosynthese mit einer AO 2.0 5-Loch-Platte und jeweils zwei von intraoral mit dem Winkelbohrer und -schrauber inserierten Schrauben im proximalen und distalen Fragment. In gleicher Weise wie bei der beschriebenen Reposition war die Aufgabe des ersten Assistenten der Kaudalzug des Unterkiefercorpus und die Führung des Endoskopes. Der Operateur retinierte die reponierte Fraktur und konnte zeitgleich zunächst mit dem Winkelbohrer das frakturnahe Bohrloch am Gelenkanteil an der intendierten Plattenposition setzen. In einem zweiten Schritt wurde die Osteosyntheseschraube in das gewünschte Plattenloch inseriert und die Schraube mit anhängender Osteosyntheseplatte mit dem Winkelschraubendreher unter endoskopischer Sicht eingebracht. Im Anschluß konnten sukzessive die weiteren Bohrlöcher und Osteosyntheseschrauben nach gleichem Vorgehen inseriert werden.

Die Osteosyntheseplatte wurde nach Möglichkeit im dorsalen Anteil der Lateralfäche des frakturierten Gelenkhalses inseriert. Bei ausreichendem Platzangebot wurde eine zweite 4-Loch-Miniplatte in gleicher Technik am Vorderrand des Collum mandibulae zur Incisura semilunaris eingebracht. Bei der beschriebenen Reposition und Osteosynthese wurde ausschließlich von intraoral vorgegangen. Auf extraorale Stichinzisionen zur Insertion des Endoskopes oder zur transbuccalen Schraubeninsertion wurde bewusst verzichtet.

Im Anschluß an die durchgeführte Reposition und Osteosynthese erfolgte wiederum eine CT-Diagnostik wie im vorherigen Kapitel beschrieben.

### **3.7 Mazeration**

Die Mazeration der in unserer Versuchsreihe vorhandenen Unterkiefer erfolgte enzymatisch mit ENZYRIM der Firma SIGMA-ALDRICH GmbH, Steinheim, Germany. Es handelt sich hierbei um eine Enzymmischung aus bakteriellen Proteinasen [67]. Die praktische Durchführung der Mazeration erfolgte mit einer Konzentration von 20ml/l ENZYRIM in einer Natriumchloridlösung (10g/l). Durch Umwälzung in regelmäßigen Intervallen zur verbesserten Fettemulgierung war die Mazeration aufgrund der zuvor sorgfältig durchgeführten manuellen Entfernung aller Weichteile nach etwa 36 Stunden abgeschlossen.

Da die meisten Mazerationsmethoden eine ungenügende Entfettung bewirken, ist an die Mazeration eine gründliche Entfettung mit chemischen Fettlösungsmitteln anzuschließen [95]. Die Entfettung erfolgte in unserer Untersuchung mit einer 10%-igen Wasserstoffperoxid-Lösung für ein bis zwei Tage.

## 4. Ergebnisse

Zur Auswertung der Daten wurden wie im vorherigen Kapitel beschrieben verschiedene Messungen nach CT-Diagnostik durchgeführt. Alle Messungen erfolgten jeweils nach Frakturierung und Dislokation des Collum mandibulae und im Anschluß nach durchgeführter Reposition und Osteosynthese. Abschließend wurden die Kiefer mazeriert. Zur Demonstration der Auswertung ist nachfolgend eine Bilderserie für ein Präparat als Beispiel dargestellt. Korrespondierend wurde bei den anderen Präparaten vorgegangen.

#### 4.1 Axiale CT-Diagnostik nach Frakturierung beider Colla mandibulae

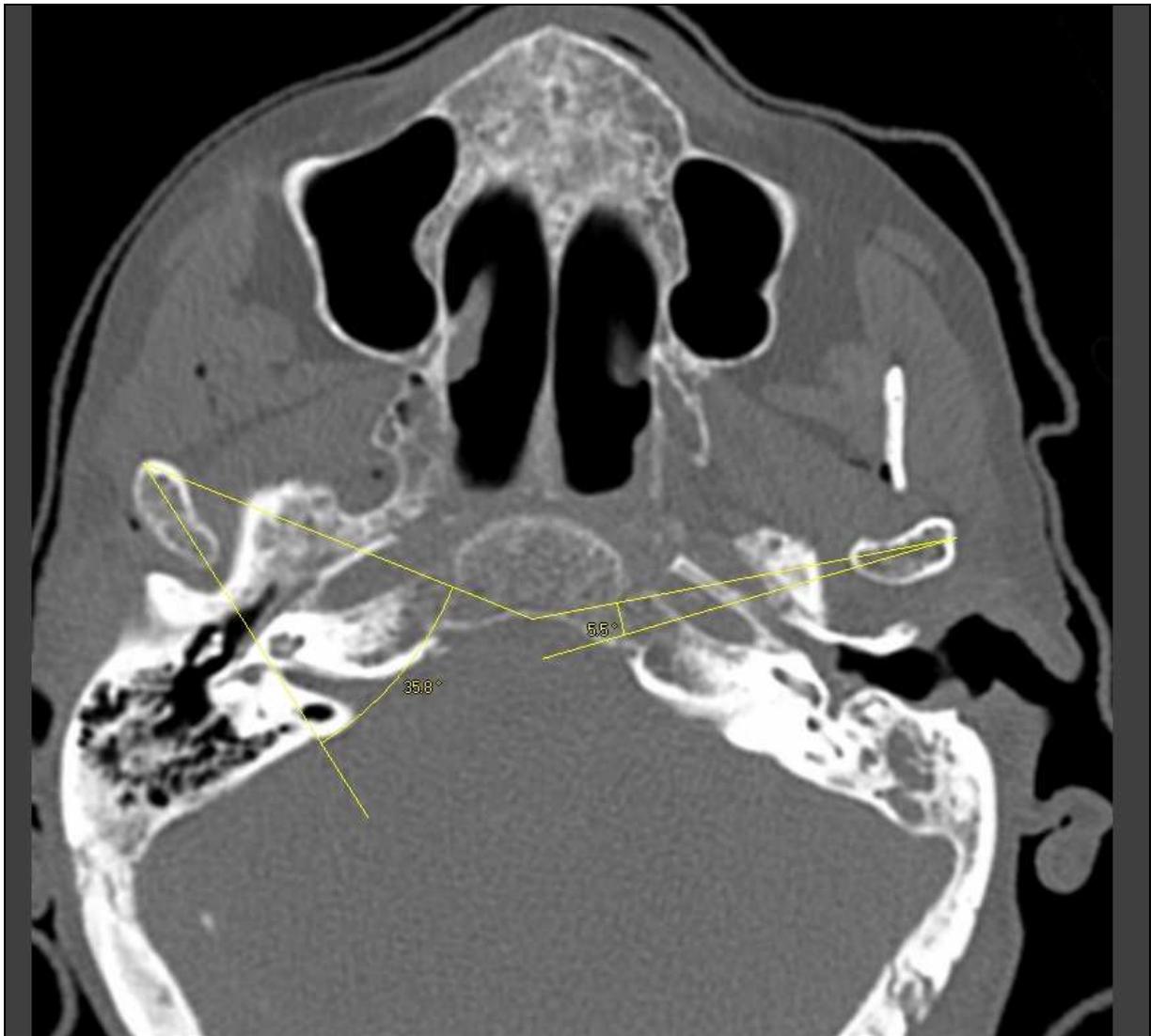


Abb.8: Axiales Computertomogramm nach Frakturierung des Collum mandibulae zur Messung der Achsabweichung des Capitulum in Bezug zur Clivushinterkante, beispielhaft dargestellt an Präparat 1 (rechts 35,8°, links 5,5°).

## 4.2 Axiale CT-Diagnostik nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae

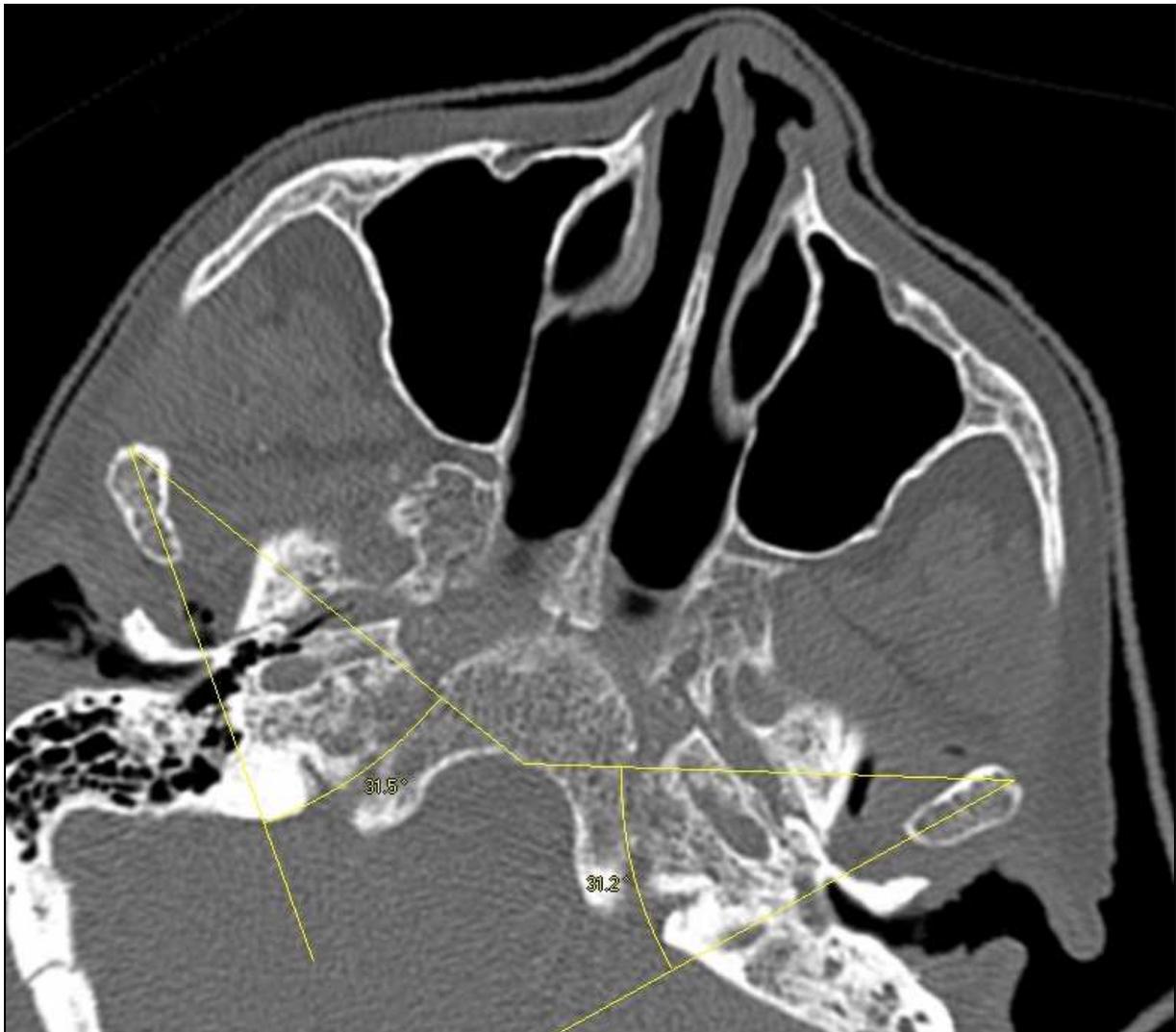


Abb.9: Axiales Computertomogramm nach Reposition und Osteosynthese des Collum mandibulae zur Messung der Achsabweichung des Capitulum in Bezug zur Clivushinterkante, beispielhaft dargestellt an Präparat 1 (rechts 31,5°, links 31,2°).

### 4.3 Coronare CT-Diagnostik nach Frakturierung beider Colla mandibulae



Abb.10: Coronares Computertomogramm nach Frakturierung des Collum mandibulae zur Messung der Achsabweichung des Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens, beispielhaft dargestellt an Präparat 1 (rechts 7,5°, links 29,5°).



Abb.11: Coronares Computertomogramm nach Frakturierung des Collum mandibulae zur Messung der Dislokation ad latus des Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens, beispielhaft dargestellt an Präparat 1 (rechts 3,2mm, links 8,0mm).



Abb.12: Coronares Computertomogramm nach Frakturierung des Collum mandibulae zur Messung der Dislokation ad longitudinem des Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens, beispielhaft dargestellt an Präparat 1 (rechts 0mm, links 7,4mm).

#### 4.4 Coronare CT-Diagnostik nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae



Abb.13: Coronares Computertomogramm nach Reposition und Osteosynthese des Collum mandibulae zur Messung der Dislokation ad latus und ad longitudinem des Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens, beispielhaft dargestellt an Präparat 1. Es lässt sich keine Dislokation ad latus oder ad longitudinem des Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens nachweisen.

#### 4.5 Sagittale CT-Diagnostik nach Frakturierung beider Colla mandibulae



Abb.14: Sagittales Computertomogramm nach Frakturierung des Collum mandibulae zur Messung der Achsabweichung des linken Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens, beispielhaft dargestellt an Präparat 1 (7,2°).

#### 4.6 Sagittale CT-Diagnostik nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae

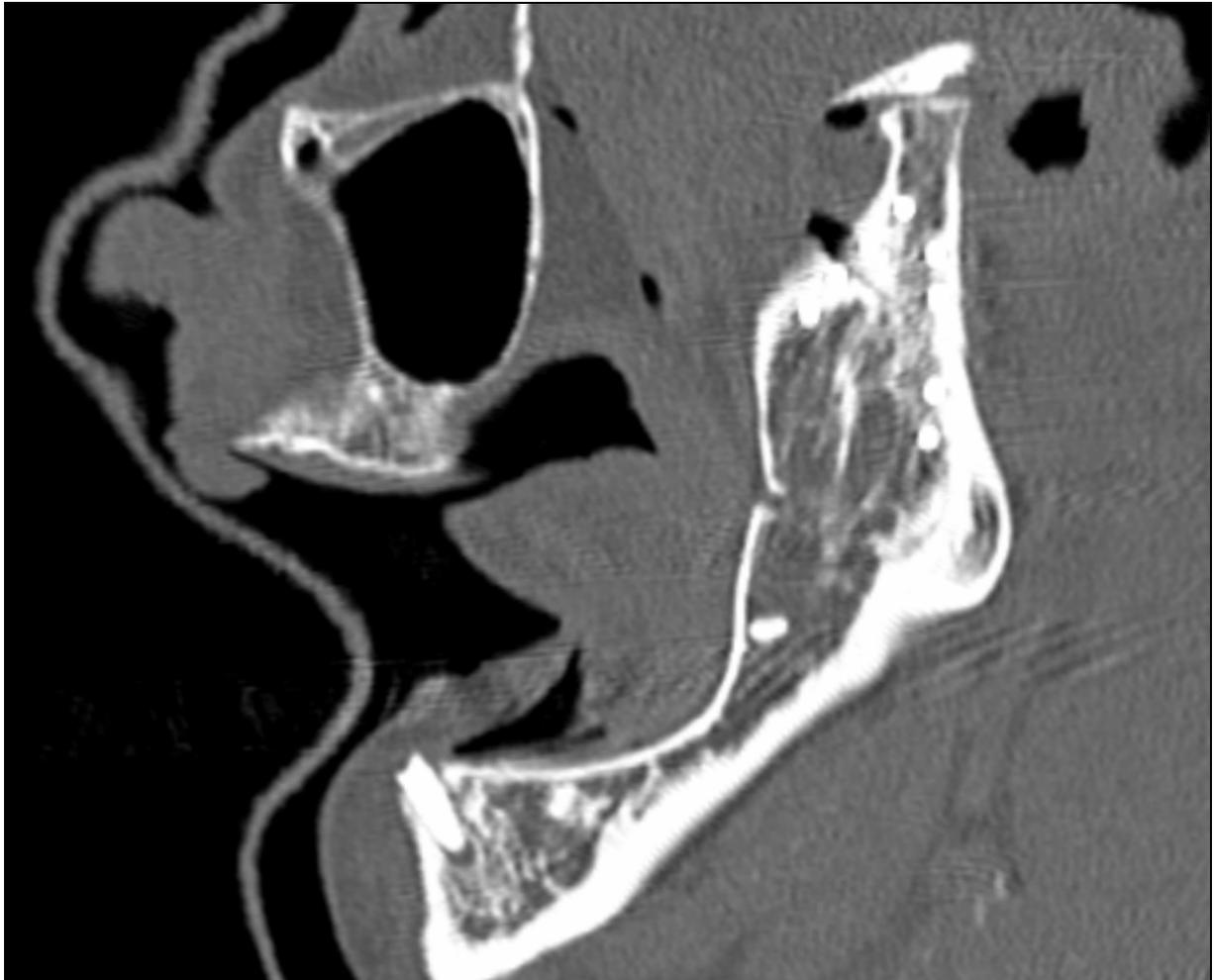


Abb.15: Sagittales Computertomogramm nach Reposition und Osteosynthese des Collum mandibulae zur Messung der Achsabweichung des linken Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens, beispielhaft dargestellt an Präparat 1. Es lässt sich keine Achsabweichung des linken Collum mandibulae in Bezug zum Ramus ascendens nachweisen.

Korrespondierend wurde auf der kontralateralen Seite vorgegangen.

#### 4.7 Mazerierter Unterkiefer nach Reposition und Osteosynthese beider Colla mandibulae



Abb.16: Mazerierter Unterkiefer nach Reposition und Osteosynthese des frakturierten Collum mandibulae mit Miniplatten (AO 2.0) in der Seitenansicht von rechts (Präparat1).



Abb.17: Mazerierter Unterkiefer nach Reposition und Osteosynthese des frakturierten Collum mandibulae mit Miniplatten (AO 2.0) in der Seitenansicht von links (Präparat1).



Abb.18-20: Mazerierter Unterkiefer nach Reposition und Osteosynthese des frakturierten Collum mandibulae mit Miniplatten (AO 2.0) in der Seitenansicht von rechts, von links und von dorsal (Präparat 1).

## 4.8 Messdaten Präparat 6

Präparat 6 war aufgrund einer akzidentell bei der Frakturierung aufgetretenen hohen Gelenkfortsatzfraktur rechts osteosynthetisch nicht zu versorgen (Abb. 21-24). Da auch kontralateral die Frakturierung nicht optimal gelang im Sinne einer deutlich zu weit kranialen Frakturlinie und der Kiefer ausgesprochen atroph imponierte wurde dieses Präparat nicht in die Auswertung miteinbezogen.

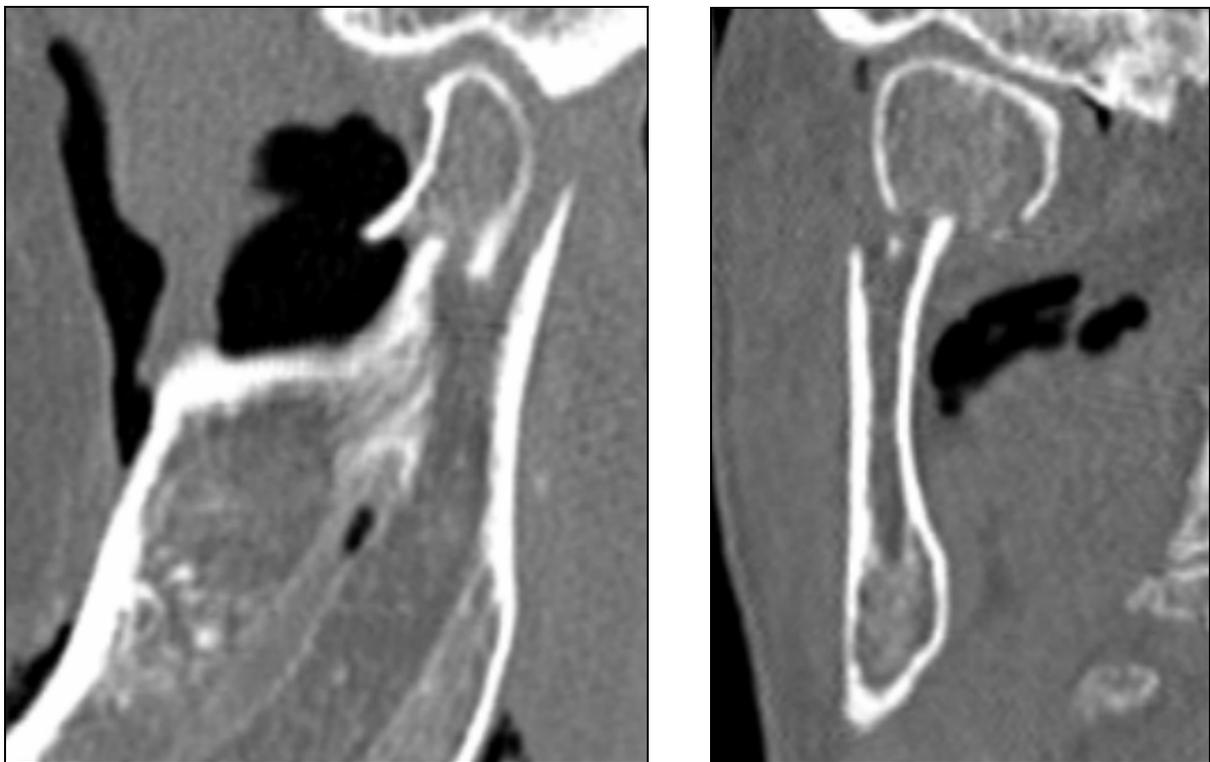


Abb.21 und 22: Sagittale und coronare CT-Diagnostik Präparat 6: Akzidentell im Rahmen der Frakturierung aufgetretene hohe Gelenkfortsatzfraktur rechts.



Abb.23 und 24: Mazerierter Unterkiefer Präparat 6 mit hoher Gelenkfortsatzfraktur und frakturiertem Capitulum rechts.

## 4.9 Demonstration OP-Situs

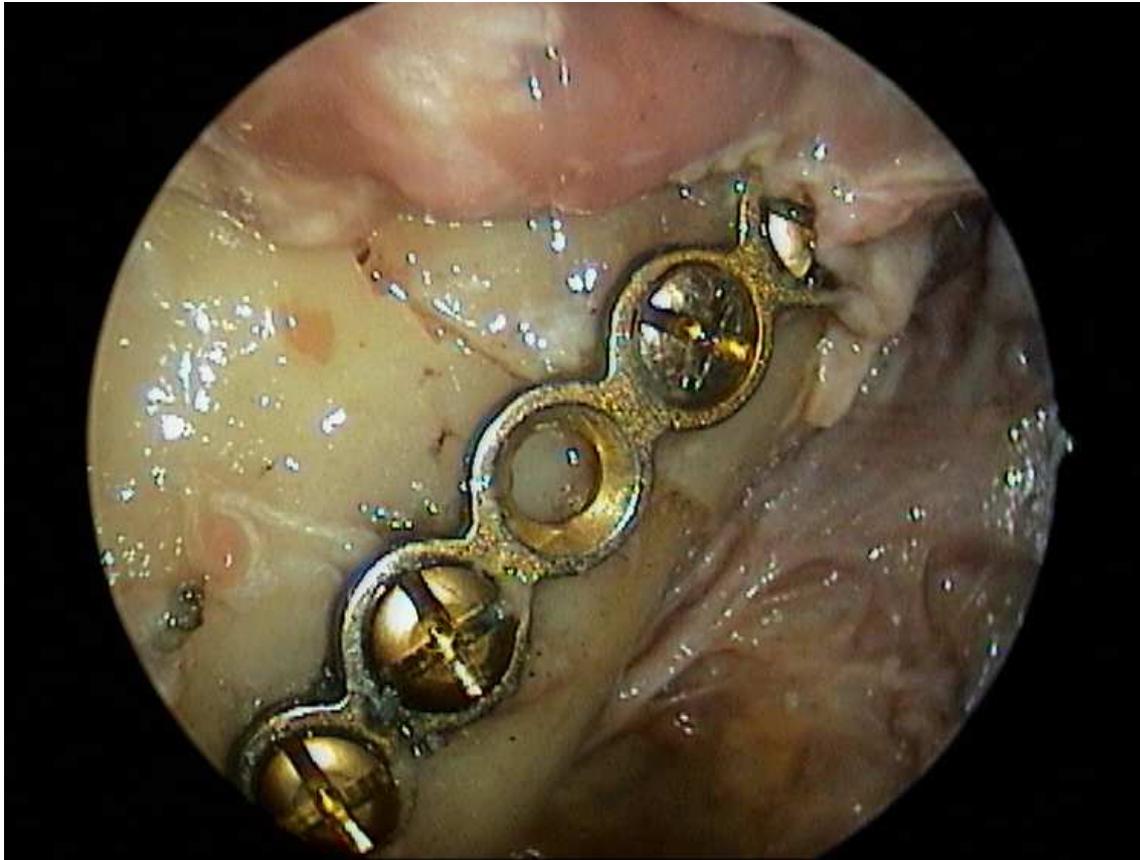


Abb.25: Intraoperative endoskopische Sicht nach erfolgter Reposition und Osteosynthese des frakturierten linken Collum mandibulae mittels AO 2.0 Osteosyntheseplatte (Präparat 2).

## 4.10 Messdaten aller Präparate in tabellarischer Übersicht

Die nach dem beschriebenen Vorgehen erhobenen Messdaten sind für die Präparate 1 bis 5 in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Präparatnummer	1		2		3		4		5	
	Prä.	Post.	Prä.	Post.	Prä.	Post.	Prä.	Post.	Prä.	Post.
Präoperativ / Postoperativ										
Axial rechts [°]	35,8	31,5	-16,1	7,3	-18,5	-14,3	27,1	26,0	2,6	4,2
Axial links [°]	5,5	31,2	10,2	9,1	10,0	-2,7	19,6	24,8	-2,0	9,1
Coronar rechts [°]	7,5	0,3	35,8	0,0	29,9	9,6	7,0	0,0	5,6	0,0
Coronar links [°]	29,5	0,0	12,4	0,0	5,5	0,0	4,0	0,0	19,1	0,0
Coronar rechts ad latus [mm]	3,2	0,0	11,6	0,0	10,5	0,0	3,1	0,0	-1,9	0,0
Coronar links ad latus [mm]	8,0	0,0	2,0	0,0	1,7	0,0	1,9	0,8	4,0	0,0
Coronar rechts ad longitud. [mm]	0,0	0,0	5,1	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0
Coronar links ad longitud. [mm]	-7,4	0,0	-1,0	0,0	-1,5	0,0	-1,0	-0,6	6,1	0,0
Sagittal rechts [°]	7,9	0,0	3,3	0,0	4,8	19,6	0,0	0,0	-23,1	-11,3
Sagittal links [°]	7,2	0,0	-12,4	0,0	0,0	0,0	-9,7	0,0	-16,9	0,0

Tab.1: Dargestellt sind die erhobenen Messwerte der Präparate 1 bis 5 jeweils nach Frakturierung und durchgeführter Reposition und Osteosynthese (präoperativ versus postoperativ). Sämtliche Achsabweichungen sind in Grad [°] angegeben und beziehen sich in transversaler Ebene auf die Abweichung der Querachse des Caputulum zur Clivushinterkante, in der Coronarebene auf die Abweichung des Collum mandibulae zum Ramus ascendens und in der Sagittalebene auf die Achsabweichung der Hinterkante des Collum mandibulae zur Ramushinterkante. Die Abweichungen ad latus und ad longitudinem in der Coronarebene beziehen sich auf metrische Abweichungen der Fraktarenden in Millimetern.

Die aus Tabelle 1 gemittelten Daten sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefasst.

Mittelwerte Präp.1-5	Präoperativ	Postoperativ
Axial rechts [°]	20	16,7
Axial links [°]	9,5	15,4
Coronar rechts [°]	17,2	2
Coronar links [°]	14,1	0
Coronar rechts ad latus [mm]	6,1	0
Coronar links ad latus [mm]	3,5	0,2
Coronar rechts ad longitudinem [mm]	2,4	0
Coronar links ad longitudinem [mm]	3,4	0,1
Sagittal rechts [°]	7,8	6,2
Sagittal links [°]	9,2	0

Tab.2: Dargestellt sind die gemittelten Messwerte der Präparate 1 bis 5 jeweils nach Frakturierung und durchgeführter Reposition und Osteosynthese (präoperativ versus postoperativ).

Die Insertion des Osteosynthesematerials war in allen zehn operativ versorgten Colla mandibulae möglich. Nach Möglichkeit wurden bei ausreichendem Platzangebot und technischer Durchführbarkeit zwei Miniplatten inseriert. In unserer Untersuchung war dies aus Platzgründen lediglich bei drei Gelenkhälsen in adäquater Weise möglich.

In der Coronarebene fand sich bezüglich der Messung von Achsabweichungen lediglich an Präparat 3 eine verbliebene postoperative Abweichung am rechten Collum mandibulae von 9,6° nach medial. Bei allen anderen Präparaten gelang eine regelrechte Reposition und Osteosynthese in der coronaren Ebene. Dies hatte eine durchschnittliche Achsabweichung der rechten Colla mandibulae von 2° zur Folge. Bezogen auf alle Colla ergab sich somit eine durchschnittliche Achsabweichung von 1°.

Dieser Befund entsprach auch der Situation am mazerierten Unterkiefer. Hier zeigte sich eine in mäßiggradiger Dislokation osteosynthetisch versorgte Fraktur mit geringer Medial- und Anteriorkippung des gelenktragenden Fragmentes und konsekutiv dorsalem Klaffen im Bereich des Ramus ascendens an Präparat 3. Die anteriore Kippung bestätigte auch die Messung der Achsabweichung in der Sagittalebene von  $19,6^\circ$  am gleichen Präparat.

Es fand sich eine weitere Achsabweichung in der Sagittalebene von  $-11,3^\circ$  am rechten Collum mandibulae des Präparats 5. Hier zeigte sich am mazerierten Kiefer eine zu weit anteriore Position des gelenktragenden Fragments mit konsekutiver Stufe im Bereich des Ramus ascendens. Dies führte zu einer durchschnittlichen Achsabweichung aller rechten Colla mandibulae in der Sagittalebene von  $6,2^\circ$ . Linksseitig konnte in der Sagittalebene in keinem der Präparate eine persistierende Achsabweichung festgestellt werden, daher ergab sich in Bezug auf alle Colla eine durchschnittliche postoperative Abweichung von  $3,1^\circ$ .

Dislokationen ad latus und ad longitudinem konnten in der Coronarebene mit Ausnahme der nicht relevanten postoperativen Dislocatio ad latus von  $0,8\text{mm}$  und ad longitudinem von  $0,6\text{mm}$  jeweils am linken Collum mandibulae des Präparats 4 nicht festgestellt werden.

Bezüglich der Messung in axialer Schichtung ergab sich im Verlauf der Studie ein Problem. Verständlicherweise war am Studienbeginn eine Messung und Auswertung in allen drei Raumenbenen vorgesehen und erwünscht. In der Coronar- und der Sagittalebene stellte die Messung der Längsachse jeweils in Bezug zum Ramus ascendens kein Problem dar. In axialer Schichtung musste zur Messung die Querachse des Capitulum herangezogen werden. Normalerweise schneiden sich die Querachsen der Capitula an der Vorderkante des Foramen magnum. Es gelang jedoch nicht, dies zweidimensional im CT darzustellen. Die Vorderkante des Foramen magnum liegt bei streng axialer Schichtung weiter cranial in Bezug zur Querachse der Capitula. Mit dem uns zur Verfügung stehenden Programm gelang es nicht, eine Schicht zu definieren, welche exakt durch den vorderen Rand des Foramen magnum und die Querachse des Capitulum verlief, zumal bei der erwähnten unterschiedlichen topographischen Höhe dies per definitionem auch nicht die Querachse des Capitulum sondern einen Schnitt in schräger Ebene durch das Capitulum dargestellt hätte. Somit fehlte bei der Auswertung der axialen Daten ein Normwert, auf den sich die Messungen beziehen konnten. Lediglich der Absolutwert

konnte mit dem Wert der Gegenseite verglichen werden und hätte nach erfolgter Reposition und Osteosynthese dem der Gegenseite entsprechen müssen. Hier fand sich durch Bildung des Mittelwertes der Differenzen eine durchschnittliche tolerable Abweichung um 4° im Vergleich zur Gegenseite (Tab.3). Die irreguläre Frakturversorgung im Bereich des rechten Collum mandibulae des Präparates 3 führte auch in der axialen Messung zu Diskrepanzen größer 5° in Bezug zur kontralateralen Seite. Die insuffiziente Versorgung des rechten Collum mandibulae an Präparat 5 spiegelt sich ebenfalls in der mit 4,9° zweitgrößten Differenz wider.

Präparatnummer	1	2	3	4	5
Axial rechts [°]	31,5	7,3	-14,3	26,0	4,2
Axial links [°]	31,2	9,1	-2,7	24,8	9,1
Differenz [°]	0,3	1,8	11,6	1,2	4,9

Tab.3: Dargestellt sind die postoperativen Achsabweichungen der Präparate 1 bis 5 der Querachse des Capitulum zur Clivushinterkante nach durchgeführter Reposition und Osteosynthese in axialer Schichtung in Grad. Aus der Summe der Differenzen ergibt sich hierfür ein Mittelwert von 4°.

Zusammenfassend fanden sich daher bei zwei der zehn versorgten Frakturen aufgrund der vor Studienbeginn von uns festgelegten Definition einer regelrechten Osteosynthese mit Achsabweichungen kleiner 5° und metrischen Dislokationen kleiner 1mm inadäquate Frakturversorgungen. Acht der zehn Frakturen konnten regelrecht repositioniert und osteosynthetisch versorgt werden.

#### 4.11 Messungen zur Länge des Collumfragmentes

Nachfolgend findet sich eine Zusammenstellung über die Länge der Collumfragmente nach erfolgter Frakturierung und deren Mittelwerte, dargestellt und erhoben jeweils in der coronaren CT-Diagnostik (Tab.4 und Abb.25).

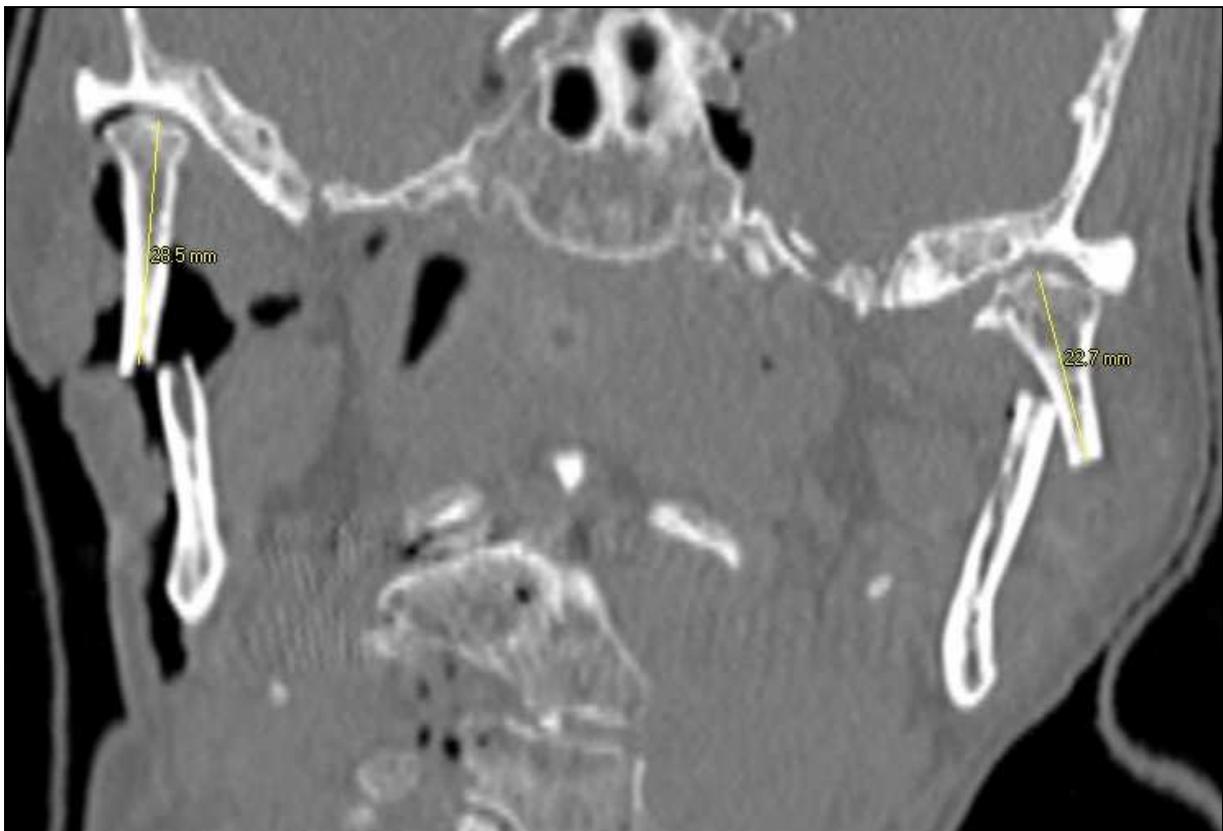


Abb.25: Coronares Computertomogramm nach Frakturierung der Colla mandibulae zur Messung der Länge des Collumfragmentes, beispielhaft dargestellt an Präparat 1 (rechts 28,5mm, links 22,7mm).

	Präparat 1	Präparat 2	Präparat 3	Präparat 4	Präparat 5	Mittelwert
Rechts [mm]	28,5	29,7	29,4	23,9	26,3	27,6
Links [mm]	22,7	33,4	32,1	35,4	37,9	32,3
Mittelwert [mm]	25,6	31,6	30,8	29,7	32,1	<b>29,9</b>

Tab.4: Dargestellt ist die Länge der frakturierten Collumfragmente in der Coronarebene der verschiedenen Präparate in Millimetern (MW 29,9mm, SEM 4,33mm)

#### **4.12 Zusammenhang zwischen der Länge des Collumfragmentes und dem Repositionsergebnis**

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Länge des Collumfragmentes und dem Repositionsergebnis zu erkennen, wurden die Daten mit dem Student-t-Test ausgewertet. Die durchschnittliche Länge betrug 29,9mm. An den beiden insuffizient reponierten Frakturen betrug die Länge des Collumfragmentes 29,4mm und 26,3mm. Nach Durchführung eines t-Tests ergab sich für p ein Wert von 0,27. Bei einem angenommenen Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  konnte somit statistisch ein möglicher Zusammenhang nicht nachgewiesen werden (Abb.26).

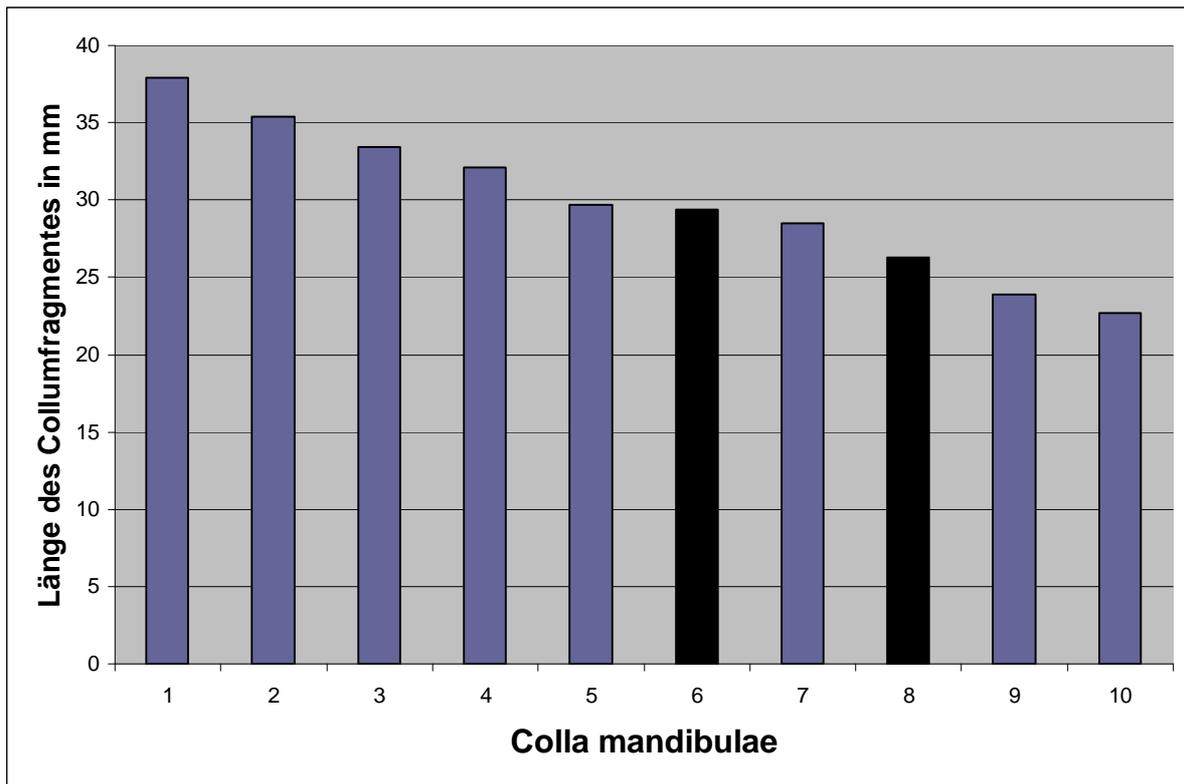


Abb.26: Auflistung der Längen der zehn Collumfragmente in numerisch absteigender Reihenfolge in Millimetern. An den beiden insuffizient reponierten Frakturen betrug die Länge des Collumfragmentes 29,4mm und 26,3mm (dunkel eingefärbt). Es ergab sich bei einem gewählten Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  kein statistisch belegbarer Zusammenhang (MW 29,9mm, SEM 4,33mm).

### 4.13 Zusammenhang zwischen dem präoperativen Ausmaß der Dislokation und dem Repositionsergebnis

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der präoperativen Dislokation und dem anschließenden Repositionsergebnis zu erkennen, wurden die präoperativen Messwerte der insuffizient reponierten Frakturen mit denen der regelrecht osteosynthetisch versorgten Unterkiefer verglichen und die Daten einem t-Test unterzogen. Zur Vereinfachung werden die metrischen Dislokationen und die Achsabweichungen separat dargestellt.

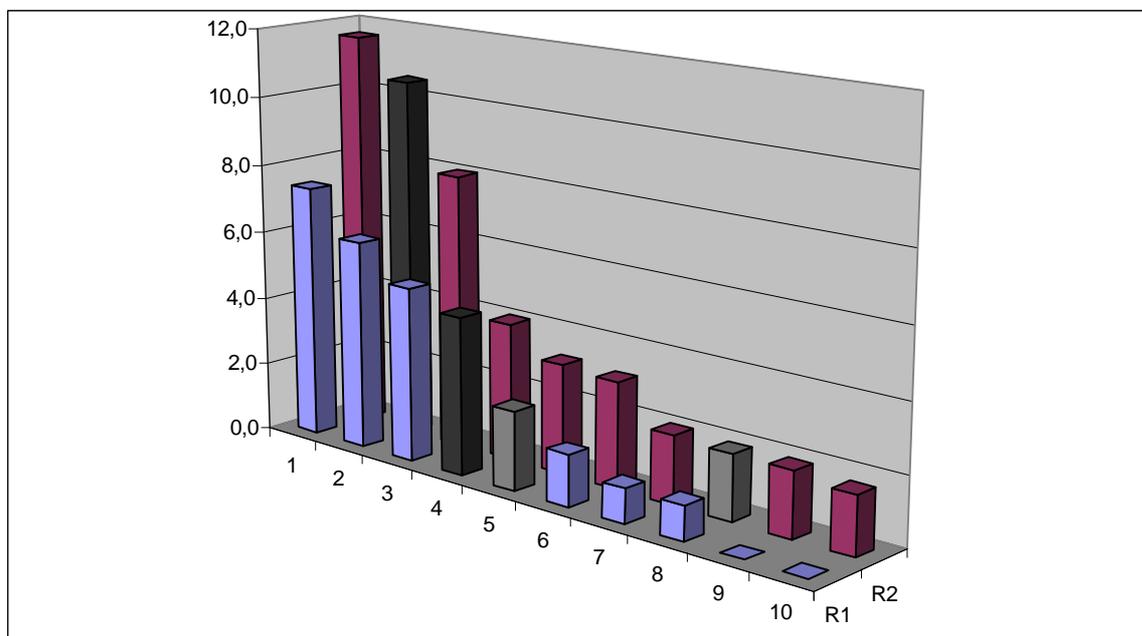


Abb.27: Dargestellt ist in numerischer Anordnung die präoperative metrische Dislokation in der Coronarebene ad laterus (violett; R2; MW 4,8mm; SEM 3,6mm) und ad longitudinem (blau; R1; MW 2,9mm; SEM 2,5mm) in mm (y-Achse) aller zehn operativ versorgter Colla mandibulae (x-Achse). Die insuffizient versorgten Colla sind in schwarz (Präparat 3) und grau (Präparat 5) dargestellt. Bei einem gewählten Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  ergab sich statistisch kein belegbarer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der präoperativen Dislokation und dem Repositionsergebnis ( $p/R1=0,38$ ,  $p/R2=0,29$ ).

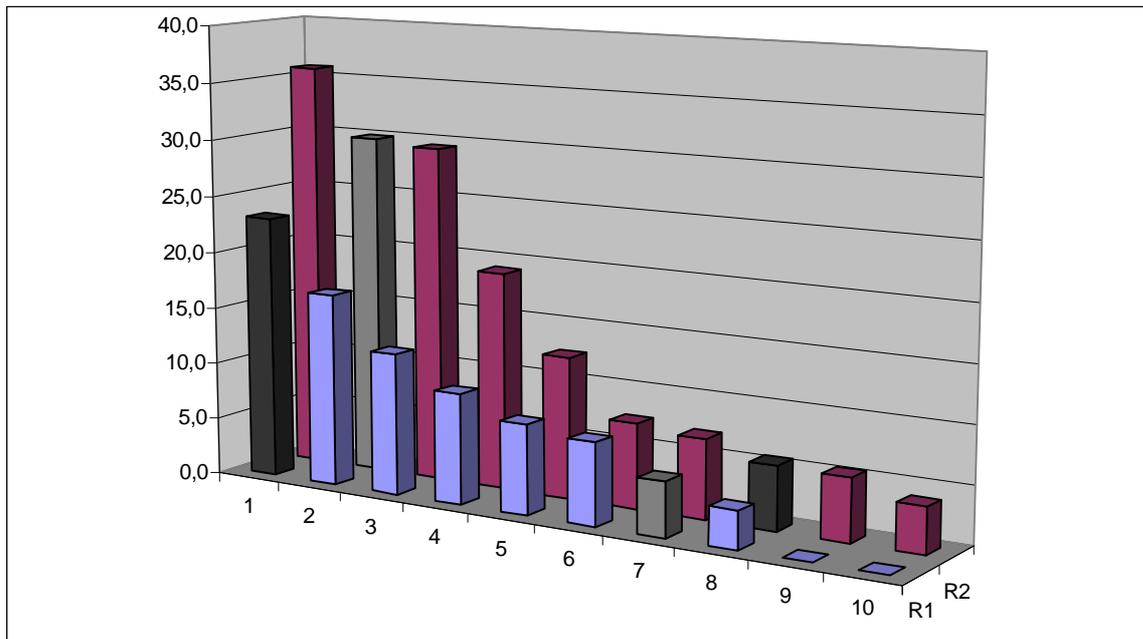


Abb.28: Dargestellt ist in numerischer Anordnung die präoperative Achsabweichung des Collumfragmentes in der Coronarebene (violett; R2; MW 15,6mm; SEM 11,4mm) und der Sagittalebene (blau; R1; MW 8,5mm; SEM 7,0mm) in Grad (y-Achse) aller zehn operativ versorgter Colla mandibulae (x-Achse). Die insuffizient versorgten Colla sind in schwarz (Präparat 5) und grau (Präparat 3) dargestellt. Bei einem gewählten Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  ergab sich statistisch kein belegbarer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der präoperativen Dislokation und dem Repositionsergebnis ( $p/R1=0,13$ ,  $p/R2=0,39$ ).

Zusammenfassend ergaben sich keinerlei statistisch nachweisbaren Zusammenhänge zwischen der Länge des Collumfragmentes oder dem präoperativen Ausmaß sowohl der metrischen Dislokation als auch den Achsabweichungen und dem erzielten Repositionsergebnis.

## 5. Diskussion

Obwohl die Frage nach operativer versus konservativer Therapie bei Gelenkfortsatzfrakturen des Unterkiefers auch heute noch kontrovers diskutiert wird, konnte ein besseres funktionelles Ergebnis nach operativer Intervention im Sinne einer Reposition und Osteosynthese sowohl im Bereich des Gelenkhalses als auch bei diakapitulären Frakturen durch zahlreiche Studien belegt werden [2, 6, 18, 19, 34, 43, 62, 63, 64, 65, 66, 104, 110, 111]. Bei der konservativen Frakturbehandlung können durch Verkürzung des Ramus ascendens Okklusionsstörungen resultieren [17, 19]. Durch in Fehlstellung verheilte Frakturen mit konsekutiv veränderter Kiefergelenksmorphologie konnten in mehreren Studien bei konservativer Behandlung eine Limitation der Mundöffnung, eine Seitdeviation bei Öffnungsbewegung und eingeschränkte Pro- und Laterotrusionsbewegungen des Unterkiefers nachgewiesen werden [6, 18, 19].

Bezüglich des operativen Zuganges zur Versorgung von Frakturen im Bereich des Collum mandibulae bestehen prinzipiell mehrere Möglichkeiten. Mit dem Trend hin zur operativen Therapie bei dislozierten und luxierten Frakturen im Bereich des Gelenkfortsatzes und steigendem Anspruch sowohl von ärztlicher Seite als auch von Seiten des Patienten an ein funktionell und ästhetisch hervorragendes Ergebnis erhält der intraorale Zugang aktuell einen neuen Stellenwert. Beim intraoralen Zugang besteht der Vorteil, dass keine von extraoral sichtbaren Narben entstehen. Auch eine direkte Gefährdung des N. facialis ist beim intraoralen Zugang nicht gegeben [16].

Der Grundgedanke, Gelenkfortsatzfrakturen von intraoral zu versorgen ist keinesfalls neu. Der operative Zugang von intraoral wurde erstmals von Silverman 1925 beschrieben [11,89]. Später wurde er von Steinhäuser bereits im Jahre 1964 zur operativen Versorgung von Gelenkfortsatzfrakturen genutzt [11,94].

Es liegen mehrere Studien vor, in denen der intraorale Zugang beschrieben ist und Collumfrakturen des Unterkiefers im klinischen Alltag über

den intraoralen Zugang mit postoperativ guten funktionellen Ergebnissen operativ behandelt wurden [1, 8, 26, 32, 36, 38, 39, 40, 47, 48, 49, 58, 61, 75, 80, 81, 82, 83, 85, 102, 103, 105, 109]. Als Standardverfahren konnte sich der intraorale Zugang jedoch nicht etablieren, da im Vergleich mit anderen Verfahren eine relative Unübersichtlichkeit besteht. Durch moderne endoskopische Techniken könnte diese Unübersichtlichkeit teilweise kompensiert werden.

Der Einsatz endoskopischer Technik ist im Vergleich zu anderen chirurgischen Fachbereichen in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie vergleichsweise gering [3, 88]. Dennoch erscheinen minimal-invasive chirurgische Techniken gerade im cranio-maxillofazialen Bereich aus ästhetischen Gründen sinnvoll. Endoskopische Techniken im Rahmen der Traumaversorgung im maxillofazialen Bereich sind in der aktuellen Literatur unter anderem zur operativen Versorgung von Le-Fort-Frakturen, Frakturen des Jochbogens und für Gelenkfortsatzfrakturen der Mandibula beschrieben [3, 51]. Erste Veröffentlichungen über intraoral endoskopisch-assistierte Frakturversorgungen von Gelenkfortsatzfrakturen des Unterkiefers am Patienten liegen erst wenige Jahre zurück und stammen überwiegend vom Ende der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts. Prinzipiell gibt es mehrere Möglichkeiten sowohl der technischen Durchführung als auch des Einsatzes des Endoskopes.

Eine der ersten in der Literatur veröffentlichten Kasuistiken einer intraoralen Reposition und Osteosynthese, die mit Hilfe endoskopischer Technik durchgeführt wurde, stammt aus dem Jahre 1998 [35]. Bei der erwähnten Studie von Jacobovicz et al. wurde das Endoskop von intraoral inseriert. Zum Abhalten des Weichteilmantels von der Lateralfäche des aufsteigenden Astes wurde transbuccal in Höhe der vermuteten Fraktur ein Trokar mit Halteelement inseriert. Durch Positionierung und Lateralzug des Trokars konnte der zur Reposition notwendige Sichtraum geschaffen werden. Die Reposition und Osteosynthese erfolgte unter endoskopischer Kontrolle.

In einer ebenfalls im Jahre 1998 von Schmelzeisen et al. veröffentlichten Studie wurden sieben Gelenkfortsatzfrakturen, darunter drei mit einem speziell

hierfür entwickelten Prototyp eines Endoskopes zur Applikation einer 2.0mm-Osteosyntheseplatte, von intraoral endoskopisch-assistiert operativ versorgt [79]. Prinzip des Endoskopes ist ein Schacht im vorderen Anteil, in dem die Osteosyntheseplatte in der Form schrittweise vorgeschoben werden kann, dass jeweils das nächste Plattenloch im Fokus der Optik sichtbar wird und somit das Setzen des Bohrloches und die Fixation der Osteosyntheseschrauben unter endoskopischer Kontrolle durchgeführt werden kann. Das Endoskop wurde hierbei über einen submandibulären Zugang inseriert.

In einer Studie von Lee et al. [50] wurden 22 Gelenkfortsatzfrakturen von intraoral endoskopisch-assistiert reponiert und osteosynthetisch versorgt. Hierbei wurde das Endoskop über eine präauriculäre Stichinzision inseriert und der nötige Sichtraum durch Lateralzug eines transbuccalen Trokars geschaffen. Die Insertion der Osteosyntheseschrauben erfolgte ebenfalls transbuccal.

In der Literatur ist eine einzige Studie beschrieben, in der ebenfalls an Leichenpräparaten Gelenkfortsatzfrakturen endoskopisch-assistiert reponiert und osteosynthetisch versorgt wurden [76]. In der erwähnten Studie von Sandler et al. wurden an sieben frischen Leichenpräparaten Frakturen im Bereich der Collumbasis durch Osteotomie gesetzt. Eine genauere Beschreibung der Vorgehensweise liegt nicht vor. Die Frakturversorgung erfolgte transoral-endoskopisch kontrolliert unter Insertion eines transbuccalen Trokars. Die Osteosyntheseschrauben wurden ebenfalls transbuccal inseriert. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Endoskopie ein hilfreiches Verfahren bei der operativen Behandlung von Gelenkfortsatzfrakturen darstellt. Im Gegensatz zu unserer Studie wurden jedoch keine Messungen vorgenommen und keine bildgebenden Verfahren eingesetzt, um das erzielte Operationsergebnis zu dokumentieren. Auch eine anschließende Mazeration der Unterkiefer zur dreidimensionalen visuellen und taktilen kritischen Wertung des Erreichten wurde nicht durchgeführt.

Als Nachteile all dieser Verfahren sind der in der Untersuchung von Schmelzeisen et al. beschriebene etwa 2-3cm lange submandibuläre Zugang und - wie auch in der Studie von Jacobovicz und der Studie von Lee et al. - die transbuccalen Stichinzisionen und somit ein letztlich kombiniert intra- und

extraorales Vorgehen zu nennen. Das Risiko der Verletzung von Ästen des N. facialis ist auf diese Weise zwar minimiert, jedoch nicht komplett auszuschließen. Als weitere Nachteile sind die zwar in deutlich geringem Umfang, aber dennoch vorhandenen, unerwünschten extraoralen Narbenbildungen zu erwähnen.

In unserer Studie erfolgte die endoskopisch-assistierte und kontrollierte Osteosynthese ausschließlich von intraoral ohne kombiniert intra- und extraorales Vorgehen. Auf extraorale Stichinzisionen wurde bewusst verzichtet. Die kontrollierte Frakturierung der Basis des Collum mandibulae erfolgte zuvor zwar über einen präauriculären Zugang, dieser wurde zur operativen Versorgung jedoch nicht genutzt.

In den meisten in der Literatur veröffentlichten Untersuchungen erfolgte die notwendige Schaffung eines Sicht- und Arbeitsraumes lateral des aufsteigenden Astes durch Insertion und nachfolgenden Lateralzug eines präauriculären transbuccalen Trokars. Auch die Osteosyntheseschrauben wurden in den meisten beschriebenen Fällen transbuccal inseriert [35, 50, 79]. In unserer Untersuchung wurde ein von intraoral eingebrachter äußerer Progeniehaken nach Schuchardt verwendet.

Versuchsweise wurde an Stelle des äußeren Progeniehakens ein der Unterkieferform nachempfundenen Instrument genutzt (siehe Abb.4 Kapitel 3). Hierbei handelt es sich um einen Prototyp eines speziell zur endoskopisch-assistierten intraoralen Frakturversorgung bei Frakturen des Collum mandibulae in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, entwickelten Instruments, welches erstmals an unserem Leichenmodell eingesetzt wurde. Unserer Erfahrung nach zeigte dieses Instrument gegenüber dem äußeren Progeniehaken keine wesentlichen Vorteile. Durch die breite Fläche des Instrumentes mit konsekutiv intendiertem erleichtertem Abhalten der Weichteile von der Lateralfläche des Ramus ascendens war das Sichtfeld lediglich geringfügig verbessert. Die zusätzliche Raumgewinnung war unseres Erachtens nach aber unwesentlich. Die am Instrument vorhandene Rinne zur Führung eines transbuccal zu inserierenden Endoskopes erscheint sinnvoll, wurde in unserer Studie jedoch nicht genutzt, da wie bereits erwähnt

ausschließlich von intraoral vorgegangen wurde. Subsumierend lässt sich bezüglich der Einsehbarkeit beim intraoralen Zugang festhalten, dass die Darstellung der Fraktur in allen Fällen möglich war.

Unabhängig von der Operationstechnik und des operativen Zugangs ist die operative Versorgung von Frakturen im Bereich des Collum mandibulae immer technisch anspruchsvoll. Insbesondere beim intraoralen Zugang ist durch limitierte Sicht und räumlich begrenzte Verhältnisse eine regelrechte Reposition und anschließende Osteosynthese nicht immer sicher zu erzielen und vor allem intraoperativ häufig schwer zu beurteilen. In unserem Falle erfolgte die Reposition der Fraktur durch den Operateur mit Hilfe zweier Raspatorien. Versuchsweise wurden auch hier Prototypen der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, verwendet (siehe Abb.3-6 Kapitel 3). Der Verkürzung des Ramus mandibulae durch Dislokation der Fragmente im Sinne einer Dislocatio ad longitudinem cum contractione wurde durch Kaudalzug des Unterkiefers durch kombiniert intra- und extraorales manuelles Fassen des Kiefers im Corplusbereich durch den ersten Assistenten unter zeitgleicher Führung des Endoskops entgegengewirkt.

Die Reposition erwies sich aus verschiedenen Gründen zum Teil als schwierig. Insbesondere die mit der Mikrostichsäge gesetzte Fraktur und der damit verbundene geringe Substanzverlust und die glatten Fraktarenden erschwerten die Reposition und vor allem die Fixierung der reponierten Fragmente bis zur osteosynthetischen Versorgung deutlich. Bei typischer Collumbasisfraktur durch ein indirektes Stauchungstrauma findet sich meist eine in unterschiedlichem Maß ausgeprägte Schrägfraktur und hierdurch bedingt eine größere Kontaktfläche der Fraktarenden und ein erhaltenes Spongiosarelieff mit gewisser interfragmentärer Friktion nach Reposition. Dies war in unserer Versuchsreihe bedingt durch die Frakturierung mit der Mikrostichsäge nicht gegeben. Als weiterer die operative Versorgung erschwerender Faktor ist zum einen zu erwähnen, dass die vorhandenen Körperspender im fortgeschrittenen Alter und damit die Kiefer unbezahnt oder in zwei Fällen teilbezahnt waren und somit eine Okklusionskontrolle und eine Orientierung über eine vorhandene habituelle Okklusion nicht möglich war.

Auch eine Stabilisierung der reponierten Frakturen bis zur osteosynthetischen Versorgung über die Okklusion war somit nicht möglich. Zum anderen waren die Kiefer der vorwiegend älteren Spender meist atroph mit graziler Morphologie im Gelenkhalsbereich.

Als Vorteil oder Erleichterung bezüglich der operativen Versorgung im Vergleich zum Patienten erwies sich die fehlende Durchblutung des Gewebes ohne Sichteinschränkung durch potentielle Blutungsquellen, wenngleich ähnliche Probleme bei partiell mazeriertem Gewebe und sich wiederholt sammelndem Flüssigkeitsspiegel im Bereich der Ramushinterkante beim liegenden Körperspender durch die zur Konservierung verwendete Flüssigkeit auftraten. Auch die wie in unserem Falle vorhandene präoperative Kenntnis der Frakturart und vor allem der Frakturhöhe im Bereich der Basis des Collum mandibulae war eine Erleichterung für den Operateur. Im klinischen Alltag lässt sich die Frakturhöhe trotz Röntgendiagnostik in zwei Ebenen nicht immer sicher bestimmen und eine CT-Diagnostik erfolgt keinesfalls routinemäßig. Der fehlende Muskeltonus erwies sich bezüglich der notwendigen Mobilisation des Weichgewebes lateral des Ramus ascendens zur Schaffung eines Sichttraumes als Vorteil. Nach Reposition hatte der fehlende Tonus jedoch eine verminderte Stabilisierung der Fragmente vor der durchgeführten Osteosynthese zur Folge.

Zur Reposition und zeitweise auch zur Fixierung nach erfolgter Reposition vor osteosynthetischer Versorgung der Fraktur erwies sich die Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, entwickelte Prototyp eines speziellen Repositionsinstrumentes (siehe Abb.3 und 4 Kapitel 3) als nützlich. Frakturen der Collumbasis tendieren aufgrund des grazen Gelenkhalses nach Reposition häufig zur erneuten Dislokation. Abhängig vom Frakturverlauf kann diese Dislokation nach medial oder lateral in Relation zum Ramus ascendens erfolgen. Insbesondere bei Dislokation des frakturnahen Anteils des proximalen Fragmentes nach medial konnte unter Nutzung des erwähnten Instrumentes ein von medial gerichteter Gegendruck aufgebaut werden, welcher eine erneute Dislokation verhinderte. Durch die grazile Gestaltung des Instrumentes wurde die Sicht zur Insertion weiterer Instrumente nur unwesentlich reduziert. Vor allem aus diesem Grunde führt

unserer Ansicht nach ein weiterer, einer Faszange nachempfundener Prototyp der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, zu keiner Verbesserung oder Erleichterung der Reposition (siehe Abb.5 und 6 Kapitel 3). Die nach lateral ausladende Gestaltung der Faszange erlaubt nahezu keine weitere intraorale Insertion eines zusätzlichen Instrumentes. Zudem muss hierbei der gelenknahe Anteil von medial und lateral körperlich gefasst werden. Dies erscheint über den langen Hebel des Instrumentes bezüglich weiterer iatrogenen intrartikulärer Traumen oder einer akzidentellen Exartikulation nicht ungefährlich.

Ein wesentliches Problem bei der operativen Versorgung von Frakturen der Basis des Collum mandibulae von intraoral ist neben den limitierten Raum- und damit Sichtverhältnissen vor allem die unzureichende Beurteilbarkeit einer regelrechten Reposition. Eine anatomisch korrekte Reposition ist im direkt in der Aufsicht sichtbaren anterioren Frakturanteil im Bereich der grazilen Incisura semilunaris nicht sicher zu erkennen. Durch die transorale Sicht ist der laterale Aspekt der Fraktur lediglich partiell und aus schrägem Winkel im Sichtfeld. Das erreichte Repositionsergebnis im Bereich der Hinterkante des Ramus ascendens ist ohne Endoskop nicht ersichtlich. Ein großer Vorteil der endoskopisch-assistierten Frakturversorgung ist bei Verwendung einer 30°-Optik und suffizientem Abhalten der Weichteile zunächst die Möglichkeit der Beurteilung und Einsehbarkeit von lateral. Insofern stellt die Nutzung des Endoskopes bezüglich der anatomisch korrekten Reposition eine eindeutige Verbesserung dar. Entscheidendes Kriterium hinsichtlich einer exakten Reposition ist unserer Erfahrung nach die Kontrolle und Wertung der Stellung der Frakturrenden im Bereich der Ramushinterkante durch den Operateur. Die Einsehbarkeit konnte in unserer Studie durch den Einsatz des Endoskopes zwar deutlich verbessert werden, ein eindeutiges Einsehen war jedoch auch mit Hilfe des Endoskopes nicht möglich. In aller Regel wird nach Literaturangaben zur endoskopisch-assistierten Frakturversorgung im Bereich des Collum mandibulae eine 30°-Optik verwendet [35, 50, 57, 60, 76, 79, 84]. Dies entspricht auch unseren Erfahrungen. Eine versuchsweise genutzte 70°-Optik mit der Intention eine bessere Aufsicht auf den dorsalen Frakturbereich und die Hinterkante des Ramus ascendens zu erzielen führte eher zu einer erhöhten

Unübersichtlichkeit. Durch Stauchung des Gewebes nach dorsal mit dem äußeren Progeniehaken konnte posterior des aufsteigenden Astes Raum gewonnen werden und die Reposition in Kenntnis der genannten Schwierigkeiten in diesem Bereich zum Teil endoskopisch assistiert und zum Teil taktil mit dem Raspatorium kontrolliert werden. Entscheidender Vorteil bezüglich der operativen Versorgung mittels Endoskop war nicht nur die endoskopisch-assistierte Durchführung der Reposition, sondern insbesondere die deutlich verbesserte Kontrolle der Fragmentstellung nach erfolgter Reposition und anschließender Osteosynthese.

Nach erfolgter Reposition wurde die Fraktur mit dem Raspatorium vor osteosynthetischer Versorgung fixiert. Dies gestaltete sich wie in anderem Zusammenhang bereits ausgeführt aufgrund der mit der Mikrostichsäge gesetzten glatten Frakturoberflächen ohne interfragmentäre Friktion deutlich erschwert. Typischerweise ist das Capitulum mandibulae durch Zug des Musculus pterygoideus lateralis nach anteromedial disloziert. Auch nach Reposition besteht durch Muskelzug die Tendenz des Capitulum mandibulae zur Abweichung nach medial mit konsekutiver Ramusverkürzung. Dem konnte durch nach medial appliziertem Druck auf die frakturnahe Lateralfäche des distalen Fragmentes entgegengewirkt werden.

Die Insertion des Osteosynthesematerials war in allen Fällen in unterschiedlichem Ausmaß möglich. In der Literatur finden sich mehrere Studien, die die Insertion zweier Miniplatten bei Frakturen im Bereich des Collum mandibulae gegenüber anderen Osteosynthesesystemen oder der Verwendung lediglich einer Miniplatte favorisieren [23, 59, 107]. In mehreren Untersuchungen und Fallberichten wurden Schraubenlockerungen oder Plattenbrüche nach erfolgter Osteosynthese mit lediglich einer Miniplatte beschrieben [9, 71].

Zu einer ähnlichen Einschätzung gelangt Meyer in einer Studie aus dem Jahre 2002. Hier wurde eine Belastungsanalyse des Gelenkfortsatzes am menschlichen Unterkiefer während der Mastikation durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass im dorsalen Anteil des Gelenkhalses hauptsächlich Druckkräfte auftreten, während im vorderen Anteil Zugkräfte überwiegen [59].

Diese Erkenntnis steht im Widerspruch zu der häufig durchgeführten Osteosynthese mit lediglich einer Miniplatte im dorsalen Anteil des aufsteigenden Astes und dem von Champy vertretenen Konzept der Osteosynthese im Bereich auftretender Zugspannung. Nach Möglichkeit wurden bei ausreichendem Platzangebot und technischer Durchführbarkeit daher zwei Miniplatten inseriert.

In unserer Untersuchung war dies unter Berücksichtigung des von Champy [7] entwickelten Konzepts mit Fixierung jedes Fragments mit mindestens zwei Schrauben bei den zehn operativ versorgten Colla mandibulae aus Platzgründen lediglich bei drei Gelenkhälsen in adäquater Weise möglich. Die erste Miniplatte wurde in Abhängigkeit von den räumlichen Verhältnissen und der Einsehbarkeit möglichst weit dorsal im Bereich der Lateralfäche des Gelenkhalses positioniert. Hier wurde so vorgegangen, dass unter endoskopischer Sicht nach erfolgter Reposition ein Bohrloch mit dem Winkelbohrer an der intendierten Position der frakturnahen Osteosyntheseschraube des Gelenkhalses gesetzt wurde. Die endoskopische Kontrolle dieser gewünschten Schraubenposition erwies sich dabei als äußerst hilfreich. In einem zweiten Schritt wurde die Osteosyntheseschraube extraoral in das gewünschte Plattenloch inseriert und die Schraube mit anhängender Osteosyntheseplatte mit dem Winkelschraubendreher unter endoskopischer Sicht eingebracht. Im Anschluß konnten sukzessive die weiteren Bohrlöcher und Osteosyntheseschrauben nach gleichem Vorgehen inseriert werden. Als Problem erwies sich hierbei wiederum die häufige Dislokation der reponierten Fragmente nach manueller Manipulation, welche jedoch wie bereits erwähnt vermutlich hauptsächlich auf den Versuchsaufbau im Sinne einer unnatürlichen Frakturierung mittels Mikrostichsäge zurückzuführen war.

Lediglich in drei der zehn versorgten Colla mandibulae konnte eine zweite Miniplatte nach genanntem Prinzip inseriert werden. In Kenntnis der räumlichen Verhältnisse an den mazerierten Präparaten, auf welche später noch detaillierter eingegangen wird, hatte dies hauptsächlich zwei Gründe. Zum einen wurde die erste Miniplatte in zwei der verbliebenen sieben Colla zu weit anterior platziert und hierbei vor allem zu weit anterior im gelenktragenden

Anteil. Dies machte die Insertion zweier weiterer Osteosyntheseschrauben im proximalen Frakturanteil im Bereich der Incisura semilunaris und damit das Einbringen einer zweiten Miniplatte unmöglich. Zum anderen wiesen alle Präparate aufgrund des fortgeschrittenen Alters der Körperspender eine äußerst grazile Gelenkhalsmorphologie auf. In einem Fall führte dies unter anderem dazu, dass eine primär gut platzierte Osteosyntheseplatte bei mangelndem Halt der Schrauben sekundär weiter anterior erneut inseriert werden musste.

Aus den erhobenen Messwerten ist ersichtlich, dass eine regelrechte Reposition und Osteosynthese in acht der zehn operativ versorgten Colla mandibulae möglich war. Bevor auf die Ergebnisse näher eingegangen wird, muss die nicht vermeidbare Messungenauigkeit erwähnt werden. Zum einen erfolgten die Messungen in den drei Raumebenen mit Hilfe des von uns genutzten Computerprogrammes (IVS Solutions AG, Annaberger Straße 240, 09125 Chemnitz) lediglich in einer von uns gewählten willkürlichen Schicht und entsprachen somit nicht der dreidimensionalen Situation. Zum anderen gestaltete sich die Auswahl dieser definierten zweidimensionalen Schicht, welche unserer Ansicht nach am ehesten dem dreidimensionalen Situs entsprach, durch Kippen und Drehen des rekonstruierten Unterkiefers zeitweise als schwierig.

In der Coronarebene fand sich lediglich an einem Präparat eine verbliebene postoperative Abweichung von  $9,6^\circ$ . Am mazerierten Präparat zeigte sich eine Anterior- und Medialkippung des gelenktragenden Fragmentes und konsekutiv dorsalem Klaffen im Bereich des Ramus ascendens. Die Kippung nach anterior resultierte in einer nicht unerheblichen Achsabweichung in der Sagittalebene von  $19,6^\circ$ . Vermutlich wurde dies in Kenntnis der Situation am mazerierten Präparat durch eine kleine Stückfraktur mit knöchernem Defekt im Bereich der Incisura semilunaris begünstigt. Dies bestätigt die erwähnte schwere Beurteilbarkeit einer suffizienten Reposition im Bereich der Incisura semilunaris.

In der Sagittalebene fand sich in einem Präparat ein Achsabweichung von  $11,3^\circ$  am rechten Collum mandibulae. Hier zeigte sich am mazerierten

Kiefer eine zu weit anteriore Position des gelenktragenden Fragments mit konsekutiver Stufe im Bereich des Ramus ascendens. Auch in diesem Fall besteht am mazerierten Kiefer der Verdacht einer falschen Positionierung durch vermeintlich regelrechte Reposition im Bereich der Incisura semilunaris.

Aus den beiden in geringer Fehlstellung osteosynthetisch versorgten Präparaten lässt sich herleiten, dass zur Beurteilung einer regelrechten Reposition die vermeintlich richtige Positionierung im Bereich der Incisura semilunaris nicht ausreicht. Intraoperativ lassen sich Achsabweichungen schwer beurteilen. Metrische Dislokationen stellen sich wesentlich auffälliger dar. In beiden Fällen zeigt sich am mazerierten Präparat an der Hinterkante des Ramus ascendens eine Stufe von etwa 2mm. Wäre somit die Hinterkante bei der operativen Versorgung vollständig einsehbar gewesen, hätte dies nicht zu einer Fehlpositionierung geführt.

Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Fraktur und der Schwierigkeit der operativen Versorgung und damit der erhöhten Fehlergefahr erscheint offensichtlich. Dies konnte nach intraoperativem subjektivem Empfinden bestätigt werden. Bei intraoperativ als weit kranial empfundenen Frakturen der Collumbasis in Richtung Gelenkhals gestaltete sich die operative Frakturversorgung aufgrund schlechterer Einsicht und geringerem Raum zur Insertion des Osteosynthesematerials erschwert. Statistisch ließ sich dies vermutlich auch aufgrund der geringen Fallzahl nicht verifizieren.

Ebenso konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der präoperativen Dislokation und dem erzielten Repositionsergebnis festgestellt werden. Hierzu wurden die präoperativen Achsabweichungen und metrischen Dislokationen der beiden insuffizient osteosynthetisch versorgten Präparate dem Gesamtkollektiv gegenübergestellt. Gegebenenfalls lässt sich dies auch auf die geringe Fallzahl zurückführen. Nach subjektivem intraoperativem Empfinden spielte die präoperative Dislokation für die Schwierigkeit der anschließenden Reposition und Osteosynthese jedoch eine untergeordnete Rolle.

Nach Mazeration der Kiefer erfolgte abschließend eine visuelle und manuell-taktile Auswertung zur Korrelation mit den akquirierten CT-

Schnittbildern und der Frage nach der Stabilität der durchgeführten Osteosynthese. Hierbei zeigte sich an den mazerierten Präparaten ein nahezu identisches Bild im Vergleich zur postoperativen Bildgebung. An den beiden insuffizient reponierten Frakturen zeigte sich einmal eine Anterior- und Medialklippung des gelenktragenden Fragmentes und konsekutiv dorsalem Klaffen im Bereich des Ramus ascendens. In dem zweiten Präparat imponierte eine zu weit anteriore Position des gelenktragenden Fragments mit konsekutiver Stufe im Bereich des Ramus ascendens. Interessanterweise erfolgte die Osteosynthese in nahezu allen Fällen mit den von uns verwendeten Schrauben der Länge 6mm bikortikal. Dies korreliert mit den Ergebnissen einer von Heibel et al. durchgeführten Untersuchung zur Kortikalisdichte am Unterkiefer unter besonderer Berücksichtigung der Miniplattenosteosynthese. Nach dieser Studie beträgt die Kortikalisdicke am Gelenkhals nur etwa 1,11-1,74mm. Die Untersucher gehen daher davon aus, dass die bei monokortikal versorgten Gelenkhalsfrakturen verwendeten, meist etwa 5-7mm langen Osteosyntheseschrauben eine zusätzliche Verankerung in der gegenüberliegenden, medialen Kortikalis erhalten [29]. Diese These konnte durch unsere Untersuchung bestätigt werden.

In einem weiteren Fall hatte die in Relation zum Kiefergelenk distalste Schraube unmittelbaren Bezug zum Foramen mandibulae und damit zum Nervus alveolaris inferior. Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet dieses Nerven sind in der Literatur nach operativer Versorgung von Frakturen der Collumbasis nicht beschrieben und auch äußerst unwahrscheinlich, dennoch stellt dies einen interessanten Aspekt dar, zumal die verwendete 6mm-Schraube, welche unmittelbar im dorsalen Bereich des Foramen mandibulae etwa 2mm aus der medialen Kortikalis ragte, zu einer Einengung des Foramen um etwa 30% führte. Epikritisch und in Kenntnis des mazerierten Präparates wurde die Osteosyntheseplatte vor allem im Bereich des distalen Fragmentes zu weit anterior inseriert.

Bei der manuell-taktilen, rein subjektiven Auswertung der Stabilität der Osteosynthese – auf objektive Messungen der Stabilität wurde bewusst verzichtet, da dies nicht Ziel der Untersuchung war – fand sich bei vier der zehn

operativ versorgten Frakturen eine geringe Mobilität, vor allem im Sinne einer geringen Rotationsmöglichkeit des Capitulum in Bezug zum Ramus ascendens. Unter diesen Präparaten fanden sich nicht die drei mit zwei Miniplatten versorgten Frakturen. Erwähnt werden muss allerdings, dass die Osteosyntheseplatten zwar streng subperiostal inseriert wurden, der Mazerationsprozess jedoch zweifelsohne zu einer Entfernung möglichen residuellen Weichgewebes führte und damit Lockerungen des Osteosynthesematerials begünstigte. Desweiteren kam es insbesondere im Bereich des Kiefergelenkes zu unvermeidbarer Kraftereinwirkung beim Entfernen der Unterkiefer vor dem eigentlichen Mazerationsprozess. Auch dies begünstigte mögliche Platten- oder Schraubenlockerungen.

Um möglichst realitätsnahe Bedingungen für unsere Studie zu ermöglichen, wurden unter anderem Thiel-fixierte Leichenpräparate verwendet. Durch die von Thiel beschriebene Fixierungstechnik war eine bleibende Mobilität aller Gelenke gegeben. Die für unsere Versuchsreihe notwendige Mobilität des Kiefergelenkes mit suffizienter Mundöffnung für den intraoralen Zugang und die nahezu unveränderte Konsistenz und Farbe aller Weichgewebe waren wichtige Vorteile gegenüber herkömmlichen Fixierungstechniken. Eine Studie gleichen Aufbaus wäre an formalin-fixierten Präparaten aufgrund der Rigidität des Gewebes und nur unter großer Kraftaufwendung möglicherweise einer geringeren Mundöffnung nicht möglich gewesen. Versuchsweise wurden auch alkohol-fixierte Präparate verwendet. Die Rigidität des Gewebes war zwar hierbei höher als bei der Fixierung nach Thiel, jedoch deutlich geringer als bei der herkömmlichen Formalin-Fixierung. Eine suffiziente Mundöffnung, die insbesondere für das intraorale operative Vorgehen nötig war, ließ sich auch mit den alkohol-fixierten Präparaten erzielen. Die unerwünschte erhöhte Rigidität erwies sich im Gegenzug nach erfolgter Darstellung und Reposition der Fraktur als gewisser Vorteil im Sinne einer geringeren ausgeprägten Tendenz zur erneuten Dislokation.

Im Verlauf der Studie gestaltete sich die endoskopisch-assistierte Frakturversorgung aufgrund eines Übungseffektes zunehmend leichter. Nicht nur die verbesserte Technik des Operateurs, sondern auch ein erleichtertes

Vorgehen des ersten Assistenten, der das Endoskop führte und damit entscheidenden Einfluss auf die Sicht des Operateurs nahm, führte zu einer deutlichen Verkürzung der OP-Zeit. Daher spielt insbesondere die gute Abstimmung und das Zusammenspiel zwischen Operateur und Assistenz eine entscheidende Rolle. Der initiale Mehraufwand durch limitierte Sicht und Einsatz von Endoskopen wurde durch die Lernkurve der Operateure kompensiert.

## 6. Beantwortung der Fragen

1. Inwieweit gelingt eine ausreichende Darstellung der Fraktur und der Fragmente über den intraoralen Zugang?

Bei allen operativ versorgten Frakturen gelang eine ausreichende Darstellung der Fragmente über den intraoralen Zugang.

2. Kann die Fraktur über den intraoralen Zugang endoskopisch-kontrolliert reponiert werden?

In allen Fällen war eine endoskopisch-kontrollierte Reposition möglich. Als großer Vorteil der endoskopisch-assistierten Frakturversorgung erwies sich die Möglichkeit der Beurteilung der Fraktur in der Ansicht von lateral. Die Einsehbarkeit der Hinterkante des Ramus ascendens konnte in unserer Studie durch den Einsatz des Endoskopes wesentlich verbessert werden. Ein eindeutiges Einsehen war jedoch auch mit Hilfe des Endoskopes nicht möglich.

Entscheidender Vorteil bezüglich der operativen Versorgung mittels Endoskop war nicht nur die endoskopisch-assistierte Durchführung der Reposition, sondern insbesondere die deutlich verbesserte Kontrolle der Fragmentstellung nach erfolgter Reposition. Erschwert war die Reposition durch die mit der Mikrostichsäge gesetzten glatten Frakturenden mit geringem Substanzverlust und ohne interfragmentäre Friktion mit der Tendenz zur erneuten Dislokation nach erfolgter Reposition.

3. Kann die Fraktur über den intraoralen Zugang endoskopisch-kontrolliert fixiert und osteosynthetisch versorgt werden?

Eine endoskopisch-kontrollierte Fixierung der Fragmente und anschließende Osteosynthese war in allen Fällen möglich. Eine regelrechte Reposition und Osteosynthese im Sinne einer postoperativen Achsabweichung von weniger als fünf Grad und einer metrischen Dislokation von weniger als einem Millimeter war in acht der zehn operativ versorgten Colla mandibulae möglich.

Aus den beiden in geringer Fehlstellung osteosynthetisch versorgten Präparaten mit Stufenbildung im Bereich der Hinterkante des Ramus ascendens ließ sich herleiten, dass zur Beurteilung einer regelrechten Reposition die vermeintlich richtige Positionierung im Bereich der Incisura semilunaris nicht ausreicht. In beiden Fällen zeigt sich am mazerierten Präparat an der Hinterkante des Ramus ascendens eine Stufe von etwa 2mm. Wäre somit die Hinterkante bei der operativen Versorgung vollständig einsehbar gewesen, hätte dies nicht zu einer Fehlpositionierung geführt.

4. Ist es möglich zur Osteosynthese zwei Miniplatten zu inserieren?

Die Insertion zweier Miniplatten gelang aus Platzgründen lediglich an drei Gelenkhälsen. Dies hatte hauptsächlich zwei Gründe. Zum einen wurde die erste Miniplatte in zwei der verbliebenen sieben Colla zu weit anterior platziert und hierbei vor allem zu weit anterior im gelenktragenden Anteil. Dies machte die Insertion zweier weiterer Osteosyntheseschrauben im proximalen Frakturanteil im Bereich der Incisura semilunaris und damit das Einbringen einer zweiten Miniplatte unmöglich. Zum anderen wiesen alle Präparate aufgrund des fortgeschrittenen Alters der Körperspender eine äußerst grazile Gelenkhalsmorphologie auf. In einem Fall führte dies unter anderem dazu, dass eine primär gut platzierte Osteosyntheseplatte

bei mangelndem Halt der Schrauben sekundär weiter anterior erneut inseriert werden musste.

5. Ergibt sich ein Zusammenhang zwischen der Länge des Collumfragmentes und dem Ausmaß der präoperativen Dislokation einerseits und dem Repositionsergebnis andererseits?

Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Fraktur und der Schwierigkeit der operativen Versorgung und damit der erhöhten Fehlergefahr erschien offensichtlich. Dies konnte nach intraoperativem subjektivem Empfinden bestätigt werden. Bei intraoperativ als weit kranial empfundenen Frakturen der Collumbasis in Richtung Gelenkhals gestaltete sich die operative Frakturversorgung aufgrund schlechterer Einsicht und geringerem Raum zur Insertion des Osteosynthesematerials erschwert. Statistisch ließ sich dies vermutlich aufgrund der geringen Fallzahl nicht verifizieren.

Ebenso konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der präoperativen Dislokation und dem erzielten Repositionsergebnis festgestellt werden. Hierzu wurden die präoperativen Achsabweichungen und metrischen Dislokationen der beiden insuffizient osteosynthetisch versorgten Präparate dem Gesamtkollektiv gegenübergestellt. Gegebenenfalls lässt sich dies auch auf die geringe Fallzahl zurückführen. Nach subjektivem intraoperativem Empfinden spielte die präoperative Dislokation für die Schwierigkeit der anschließenden Reposition und Osteosynthese jedoch eine untergeordnete Rolle.

6. Lässt sich eine Aussage zur Stabilität der durchgeführten Osteosynthese treffen?

Bei der manuell-taktilen Auswertung der Stabilität der Osteosynthese fand sich bei vier der zehn operativ versorgten Frakturen eine geringe Mobilität, vor allem im Sinne einer geringen Rotationsmöglichkeit des Capitulum in Bezug zum Ramus ascendens. Unter diesen Präparaten fanden sich nicht die drei mit zwei Miniplatten versorgten Frakturen. Erwähnt werden muss allerdings, dass die Osteosyntheseplatten zwar streng subperiostal inseriert wurden, der Mazerationsprozess jedoch zweifelsohne zu einer Entfernung möglichen residuellen Weichgewebes führte und damit Lockerungen des Osteosynthesematerials begünstigte. Desweiteren kam es insbesondere im Bereich des Kiefergelenkes zu unvermeidbarer Krafteinwirkung beim Entfernen der Unterkiefer vor dem eigentlichen Mazerationsprozess. Auch dies begünstigte mögliche Platten- oder Schraubenlockerungen.

7. Inwieweit stellen die speziell zur endoskopisch-assistierten osteosynthetischen Frakturversorgung bei Gelenkhalsfrakturen in Zusammenarbeit mit der Firma Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, neu entwickelten Prototypen verschiedener Instrumente einen Fortschritt dar?

Versuchsweise wurde zur Schaffung eines Sicht - und Arbeitsraumes an Stelle des äußeren Progeniehakens ein der Unterkieferform nachempfundenen Instrument genutzt (siehe Abb.4 Kapitel 3). Hierbei handelte es sich um einen Prototyp eines speziell zur endoskopisch-assistierten intraoralen Frakturversorgung bei Frakturen des Collum mandibulae in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, entwickelten Instruments, welches erstmals an unserem Leichenmodell eingesetzt wurde. Unserer Erfahrung nach zeigte dieses Instrument gegenüber dem äußeren Progeniehaken keine wesentlichen

Vorteile. Durch die breite Fläche des Instrumentes mit konsekutiv intendiertem erleichtertem Abhalten der Weichteile von der Lateralfäche des Ramus ascendens war das Sichtfeld lediglich geringfügig verbessert. Die zusätzliche Raumgewinnung war unseres Erachtens nach aber unwesentlich. Die am Instrument vorhandene Rinne zur Führung eines transbuccal zu inserierenden Endoskopes erschien sinnvoll, wurde in unserer Studie jedoch nicht genutzt, da ausschließlich von intraoral vorgegangen wurde.

Zur Reposition und zeitweise auch zur Fixierung nach erfolgter Reposition vor osteosynthetischer Versorgung der Fraktur erwies sich der ebenfalls in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, entwickelte Prototyp eines speziellen Repositionsinstrumentes (siehe Abb.3 und 4 Kapitel 3) als nützlich. Insbesondere bei Dislokation des fraktur nahen Anteils des proximalen Fragmentes nach medial konnte unter Nutzung des erwähnten Instrumentes ein von medial gerichteter Gegendruck aufgebaut werden, welcher eine erneute Dislokation verhinderte. Durch die grazile Gestaltung des Instrumentes wurde die Sicht zur Insertion weiterer Instrumente nur unwesentlich reduziert. Vor allem aus diesem Grunde führt unserer Ansicht nach ein weiterer, einer Faszange nachempfundenen Prototyp der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, zu keiner Verbesserung oder Erleichterung der Reposition (siehe Abb.5 und 6 Kapitel 3). Die nach lateral ausladende Gestaltung der Faszange erlaubt nahezu keine weitere intraorale Insertion eines zusätzlichen Instrumentes. Zudem muss hierbei der gelenknahe Anteil von medial und lateral körperlich gefasst werden. Dies erscheint über den langen Hebel des Instrumentes bezüglich weiterer iatrogenen intrartikulärer Traumen oder einer akzidentellen Exartikulation nicht ungefährlich.

8. Eignen sich nach Thiel- und alkohol-fixierte Leichenpräparate für wissenschaftliche Studien in der Mund-Kiefer-Gesichtchirurgie?

Um möglichst realitätsnahe Bedingungen für unsere Studie zu ermöglichen, wurden unter anderem Thiel-fixierte Leichenpräparate verwendet. Die für unsere Versuchsreihe notwendige Mobilität des Kiefergelenkes mit suffizienter Mundöffnung für den intraoralen Zugang und die nahezu unveränderte Konsistenz und Farbe aller Weichgewebe waren wichtige Vorteile gegenüber herkömmlichen Fixierungstechniken. Eine Studie gleichen Aufbaus wäre an formalin-fixierten Präparaten aufgrund der Rigidität des Gewebes und nur unter großer Kraftaufwendung möglicher geringer Mundöffnung nicht möglich gewesen. Versuchsweise wurden auch alkohol-fixierte Präparate verwendet. Die Rigidität des Gewebes war zwar hierbei höher als bei der Fixierung nach Thiel, jedoch deutlich geringer als bei der herkömmlichen Formalin-Fixierung. Eine suffiziente Mundöffnung, die insbesondere für das intraorale operative Vorgehen nötig war, ließ sich auch mit den alkohol-fixierten Präparaten erzielen. Die unerwünschte erhöhte Rigidität erwies sich im Gegenzug nach erfolgter Darstellung und Reposition der Fraktur als gewisser Vorteil im Sinne einer geringer ausgeprägten Tendenz zur erneuten Dislokation. Insofern eignen sich sowohl Thiel- als auch alkohol-fixierte Leichenpräparate für wissenschaftliche Studien in der Mund-Kiefer-Gesichtchirurgie.

## 7. Zusammenfassung

Ziel der vorgelegten Untersuchung war die CT-gestützte Auswertung des Repositionsergebnisses nach rein von intraoral durchgeführter endoskopisch-assistierter Reposition und Osteosynthese dislozierter Kollumbasisfrakturen der Mandibula in axialer, sagittaler und coronarer Richtung.

Untersucht wurden jeweils beide Colla mandibulae vier Thiel- und zweier alkohol-fixierter Leichenpräparate. Nach transbuccaler Frakturierung im Bereich der Kollumbasis und anschließender Dislokation des proximalen Fragmentes erfolgte nach CT-Diagnostik die intraorale endoskopisch-assistierte Reposition und Osteosynthese mit Miniplatten. Das erreichte Ergebnis wurde mittels eines postoperativen Computertomogrammes und nachfolgender Mazeration der Unterkiefer dokumentiert.

Ein nach Thiel-fixiertes Präparat war aufgrund einer akzidentell bei der Frakturierung aufgetretenen hohen Gelenkfortsatzfraktur rechts osteosynthetisch nicht zu versorgen. Da auch kontralateral die Frakturierung nicht optimal gelang im Sinne einer deutlich zu weit kranial gelegenen Frakturlinie und der Kiefer ausgesprochen atroph imponiert wurde dieses Präparat nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Computertomographisch fand sich in Übereinstimmung mit den mazerierten Präparaten in acht der zehn operativ versorgten Colla mandibulae ein gutes Operationsergebnis im Sinne einer postoperativen Achsabweichung von weniger als fünf Grad und einer metrischen Dislokation von weniger als einem Millimeter. Bei zwei versorgten Frakturen zeigte sich aufgrund geringgradiger Achsabweichungen und Stufenbildungen im Bereich des Ramus ascendens ein akzeptables Ergebnis. Erschwert war die Reposition durch die mit der Mikrostichsäge gesetzten glatten Frakturlinien ohne interfragmentäre Friktion mit der Tendenz zur erneuten Dislokation nach erfolgter Reposition.

Aus den beiden in geringer Fehlstellung osteosynthetisch versorgten Präparaten mit Stufenbildung im Bereich der Hinterkante des Ramus ascendens ließ sich herleiten, dass zur Beurteilung einer regelrechten

Reposition die vermeintlich richtige Positionierung im Bereich der Incisura semilunaris nicht ausreicht. In beiden Fällen zeigte sich am mazerierten Präparat an der Hinterkante des Ramus ascendens eine Stufe von etwa 2mm. Wäre somit die Hinterkante bei der operativen Versorgung vollständig einsehbar gewesen, hätte dies nicht zu einer Fehlpositionierung geführt.

In den mazerierten Präparaten fielen an vier der zehn operativ versorgten Colla mandibulae Platten- und Schraubenlockerungen auf, welche jedoch vermutlich auf den Mazerationsprozess zurückzuführen waren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ein rein transoraler Zugang zur operativen Versorgung von Frakturen der Basis des Collum mandibulae als Alternative zur extraoralen Versorgung anzusehen ist. Der initiale Mehraufwand durch limitierte Sicht und Einsatz von Endoskopen wird durch die Lernkurve des Operateurs kompensiert. Das Risiko einer Läsion des N. facialis oder unerwünschte extraorale Narben können durch den intraoralen Zugang vermieden werden.

## 8. Literaturverzeichnis

1. Anastassov, G.E., Lee, H., Schneider, R.  
Arthroscopic reduction of a high condylar process fracture: a case report  
J Oral Maxillofac Surg, 2000, 58;1048-51
2. Assael, L.A.  
Open versus closed reduction of adult mandibular condyle fractures: An alternative interpretation of the evidence.  
J Oral Maxillofac Surg, 2003, 61, 11; 1333-1339
3. Barone, C.M., Boschert, M.T., Jimenez, D.F.  
Usefulness of endoscopy in craniofacial trauma  
Craniofacial Trauma 1998, 4(3), 36-41
4. Bessho, K., Iizuka, T., Murakami, K.  
A bioabsorbable poly-L-lactide miniplate and screw system for osteosynthesis in oral and maxillofacial surgery.  
J Oral Maxillofac Surg 1997, 55, 941
5. Booth, W., Moos, K., Lindquist, C.  
Mandibular condyle fractures: a consensus.  
Br J Oral Maxillofac Surg, 37, 87-89, 1999.
6. Brandt, M.T., Haug, R.H.  
Open versus closed reduction of adult mandibular condyle fractures: A review of the literature regarding the evolution of current thoughts on management.  
J Oral Maxillofac Surg, 2003, 61, 11; 1324-1332
7. Champy, M., Wilk, A., Schnebelen, J. M. (1975)  
Die Behandlung der Mandibularfrakturen mittels Osteosynthese ohne intermaxilläre Ruhigstellung nach der Technik von F. X. Michelet  
Dtsch Zahn Mund Kieferheilk, 63, 339-341
8. Chen, C.T., Lai, J.P., Tung, T.C., Chen, Y.R.  
Endoscopically assisted mandibular subcondylar fracture repair  
Plast Reconstr Surg 103(1), 1999, 60-65
9. Choi, B.H., Yi, C.K., Yoo, J.H.

- Clinical evaluation of 3 types of plate osteosynthesis for fixation of condylar neck fractures  
J Oral Maxillofac Surg, 2001, 59, 734-737
10. Eckelt, U.  
Zur funktionsstabilen Osteosynthese bei Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen.  
Habilitationsschrift, Dresden, 1984
  11. Eckelt, U.  
Gelenkfortsatzfrakturen  
Mund-Kiefer-GesichtsChir (2000) 4 (Suppl 1):S110-117  
Springer-Verlag 2000
  12. Eckelt, U., Hlawitschka, M.  
Clinical and radiological evaluation following surgical treatment of condylar neck fractures with lag screws  
Craniomaxillofac Surg 1999, 27 (4), 235-242
  13. Edwards, R.C., Kiely, K.D., Eppley, B.L.  
Fixation of bimaxillary osteotomies with resorbable plates and screws: experience in 20 consecutive cases.  
J Oral Maxillofac Surg 2001, 59, 271
  14. Ellis, E.  
History of sub-condylar fractures.  
J Oral Maxillofac Surg, 2004, Suppl 1, 62, 8; 12
  15. Ellis, E.  
Indications for open reduction and closed reduction treatment.  
J Oral Maxillofac Surg, 2004, Suppl 1, 62, 8; 12-13
  16. Ellis, E., McFadden, D., Simon, P., Throckmorton, G.  
Surgical complications with open treatment of mandibular condylar process fractures.  
J Oral Maxillofac Surg, 2000, 58, 9; 950-958
  17. Ellis, E., Throckmorton, G. S.

- Facial symmetry after closed and open treatment of fractures of the mandibular condylar process.  
J Oral Maxillofac Surg, 2000, 58, 7; 719-728
18. Ellis, E., Throckmorton, G.S.  
Treatment of mandibular condylar process fractures: Biological considerations  
J Oral Maxillofac Surg, 2005, 63, 1; 115-134
19. Ellis, E., Simon, P., Throckmorton, G.S.  
Occlusal results after open or closed treatment of fractures of the mandibular condylar process.  
J Oral Maxillofac Surg, 2000, 58, 3; 260-268
20. Ellis, E., Throckmorton, G.S., Palmieri, C.  
Open treatment of condylar process fractures: Assessment of adequacy of repositioning and maintenance of stability.  
J Oral Maxillofac Surg, 2000, 58, 1; 27-34
21. Groscurth, P., Egli, P., Kapfhammer, J., Rager, G., Hornung, J.P., Fasel, J.D.H.  
Gross anatomy in the surgical curriculum in Switzerland: improved Cadaver preservation, anatomical models, and course development  
The anatomical record, 2001, 265, 254-256
22. Hachem, A.N., Hierl, T., Schmidt, S., Hemprich, A.  
Comparison of miniplate and lag screw osteosynthesis in treatment of collum fractures  
Fortschr Kiefer Gesichtschir 1996, 41, 131-133
23. Hammer, B., Schier, P., Prein, J.  
Osteosynthesis of condylar neck fractures: a review of 30 patients.  
Br J Oral Maxillofac Surg, 35, 4, 1997, 288-291
24. Harada K., Enomoto S.  
Stability after surgical correction of mandibular prognathism using the sagittal split ramus osteotomy and fixation with poly-L-lactic acid (PLLA) screws.  
J Oral Maxillofac Surg 1997, 55,464

25. Haug, R.H., Assael, L.A.  
Outcomes of open versus closed treatment of mandibular subcondylar fractures.  
J Oral Maxillofac Surg, 2001, 59, 4; 370-375
26. Haug, R.H., Brandt, M.T.  
Traditional versus endoscope-assisted open reduction with rigid internal fixation (ORIF) of adult mandibular condyle fractures: A review of the literature regarding current thoughts on management.  
J Oral Maxillofac Surg, 2004, 62, 10; 1272-1279
27. Haug, R.H., Peterson, G.P., Goltz, M.  
A biomechanical evaluation of mandibular condyle fracture plating techniques.  
J Oral Maxillofac Surg, 2003, 60, 73-80
28. Hausamen, J.E., Machtens, E., Reuther, J.  
Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie  
In: Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd 2, 255-6  
Springer-Verlag, Berlin
29. Heibel, H., Alt, K.W., Wächter, R., Bähr, W.  
Kortikalisdichte am Unterkiefer unter besonderer Berücksichtigung der Miniplattenosteosynthese.  
Mund Kiefer Gesichtschir 2001, 5, 180-185
30. Hlawitschka, M., Eckelt, U.  
Klinische, radiologische und axiographische Untersuchung nach konservativ funktioneller Behandlung diakapitulärer Kiefergelenkfrakturen  
Mund Kiefer Gesichtschir 2002, 6, 241-248
31. Hlawitschka, M., Eckelt, U.  
Assessment of patients treated for intracapsular fractures of the mandibular condyle by closed techniques.  
J Oral Maxillofac Surg, 2002, 60, 7; 784-791
32. Hochban, W., Ellers, M., Umstadt, H.E., Juchems, K.I.  
Surgical reposition and fixation of mandibular condyle fractures via intraoral approach

- Fortschr Kiefer Gesichtschir 1996, 41, 80-85
33. Horch, H. H., Herzog, M. (1997)  
Traumatologie des Gesichtsschädels  
In: Horch, H. H.: Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie I  
3. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München – Wien – Baltimore
  34. Hyde, N., Manisali, B., Aghabeigi, K., Sneddon, K., Newman, L.  
The role of open reduction and internal fixation in unilateral fractures of  
the mandibular condyle: a prospective study.  
Br J Oral Maxillofac Surg, 40, 19-22, 2002
  35. Jacobovicz, J., Lee, C., Trabulsky, P.  
Endoscopic repair of mandibular subcondylar fractures  
Plast Reconstr Surg 1998, 101, 437-441
  36. Jeter, T.S., Van Sickels, J.E., Nishioka, G.J.  
Intraoral open reduction with rigid internal fixation of mandibular  
subcondylar fractures  
J Oral Maxillofac Surg, 1988, 46 (12), 1113-1116
  37. Joos, U., Piffko, J., Meyer, U.  
Neue Aspekte in der Versorgung von Unterkieferfrakturen  
Mund Kiefer Gesichtschir 2001, 5, 2-16
  38. Kellmann, R.M.  
Endoscopically assisted repair of subcondylar fractures of the mandible:  
an evolving technique  
Arch facial plast Surg 5(3) 2003, 244-50
  39. Kellmann, R.M.  
Endoscopic approach to subcondylar mandible fractures  
Fac Plast Surg 20(3), 239-47, 2004
  40. Kitagawa, Y., Sano, K., Nakamura, M., Miyauchi, K.  
Transoral osteosynthesis at the mandibular ramus and subcondyle using  
angular screwing instrument and biodegradable miniplate system.  
J Oral Maxillofac Surg, 2004, 62, 8; 1041-1043
  41. Kleinheinz, J., Anastassov, G.E., Joos, U.  
Indications for treatment of subcondylar mandibular fractures

- J Craniomaxillofac Trauma 1999, 5(2),17-23
42. Kosaka, M., Tsuyama, Y., Kamiishi, H.  
How to place “dual” resorbable plates in mandible.  
Plast Reconstr Surg 2002, 110, 356
43. 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 1992, 20: 348–353
44. Krenkel, C.  
Biomechanics and osteosynthesis of condylar neck fractures of the mandible.  
Quintessence Publishing, Illinois, 1994
45. Krenkel, C.  
Treatment of mandibular-condylar fractures  
In: Atlas of Oral Maxillofac Surg Clin North Am 1997, 5 (1), 127-155
46. Konstantinovic V.S., Dimitrijevic B. (1992)  
Surgical versus conservative treatment of unilateral condylar process fractures: clinical and radiographic evaluation of 80 patients.  
J Oral Maxillofac Surg 50: 349-352
47. Lachner, J., Clanton, J.T., Waite, P.D.  
Open reduction and internal rigid fixation of subcondylar fractures via an intraoral approach  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1991, 71(3), 257-261
48. Lauer, G., Schmelzeisen, R.  
Endoscope-assisted fixation of mandibular condylar process fractures  
J Oral Maxillofac Surg, 1999, 57(1); 36-9
49. Lee, C., Mankani, M.H., Kellmann, R.M., Forrest, C.R.  
Minimally invasive approaches to mandibular fractures  
Facial Plast Surg Clin North Am 2001, 9(3), 475-87  
J Oral Maxillofac Surg, 1995, 53(12); 1397-404

50. Lee, C., Mueller, R., Lee, K., Methes, S.  
Endoscopic subcondylar fracture repair: functional, aesthetic and radiographic outcomes  
Plast Reconstr Surg 1998, 102, 1434-1443
51. Lee, C., Stiebel, M., Young, D.M.  
Cranial nerve VII region of the traumatized facial skeleton: optimizing fracture repair with the endoscope  
J Trauma 2000, 48(3), 423-431
52. Lindahl, L.  
Condylar fractures of the mandible. 1. classification and relation to age, occlusion and concomitant injuries of teeth and teeth-supporting structures and fractures of the mandibular body.  
Int J Oral Surg 1977; 6: 12-14
53. Loukota, R.A., Eckelt, U., De Bont, L., Rasse, M.  
Subclassification of fractures of the condylar process of the mandible  
Br J Oral Maxillofac Surg, 43, 2005, 72-73
54. Luhr, H. G. (1968)  
Zur stabilen Osteosynthese bei Unterkieferfrakturen  
Dtsch Zahnärztl Z, 23, 754-754
55. Marker, P., Nielsen, A., Lehmann Bastian, H.  
Fractures of the mandibular condyle. Part 1: Patterns of distribution of types and causes of fractures in 348 patients.  
Br J Oral Maxillofac Surg, 38, 417-21, 2000
56. Marker, P., Nielsen, A., Lehmann Bastian, H.  
Fractures of the mandibular condyle. Part 2: Results of treatment of 348 patients.  
Br J Oral Maxillofac Surg, 38, 422-26, 2000
57. Martin, M., Lee, C.  
Operative controversies: Thoughts on an intraoral endoscopic assisted method of condylar fracture repair  
Sem Plast Surg 2002, 16(3), 251-260

58. Martin, M., Lee, C.  
Endoscopic mandibular condyle fracture repair  
Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2003, 11(2), 169-78
59. Meyer, C., Kahn, J. L., Boutemi, P., Wilk, A.  
Photoelastic analysis of bone deformation in the region of the mandibular  
Condyle during mastication.  
J Cranio-Maxillofac Surg 2002, 30, 160-169
60. Miloro, M.  
Endoscopic-assisted repair of subcondylar fractures  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 96:387-91
61. Mokros, S., Erle, A.  
Transoral miniplate osteosynthesis of mandibular condyle fractures-  
Optimizing the surgical method  
Fortschr Kiefer Gesichtschir 1996, 41, 136-138
62. Neff, A., Kolk, A., Meschke, F., Deppe, H., Horch, H.H.  
Small fragment screws vs. plate osteosynthesis in condylar head  
fractures  
Mund Kiefer Gesichtschir 2005, 9, 80-88
63. Neff, A., Kolk, A., Neff, F., Horch, H.H.  
Neue Aspekte zur Indikation der operativen Versorgung intraartikulärer  
und hoher Kiefergelenksluxationsfrakturen  
Mund Kiefer Gesichtschir 1999, 3, 24-29
64. Neff, A., Kolk, A., Neff, F., Horch, H.H.  
Operative vs. konservative Therapie diakapitulärer und hoher  
Kollumluxationsfrakturen.  
Mund Kiefer Gesichtschir 2002 -6 :66 –73
65. Neff, A., Muhlberger, G., Karoglan, M., Kolk, A., Mittelmeier, W.,  
Scheruhn, D., Horch, H.H., Kock, S., Schieferstein, H.  
Stability of osteosynthesis for condylar head fractures in the clinic and  
biomechanical simulation  
Mund Kiefer Gesichtschir 2004, 8, 63-74

66. Newman, L.  
A clinical evaluation of the long-term outcome of patients treated for  
Bilateral fracture of the mandibular condyles.  
Br J Oral Maxillofac Surg, 36, 176-179, 1998
67. Niederklopper, P., Troxler, M.  
Knochenpräparation. Handbuch für Praktiker  
Romei, CH-7405 Rothenbrunnen
68. Palmieri, C., Ellis, E. 3<sup>rd</sup>, Throckmorton, G.  
Mandibular motion after closed and open treatment of unilateral  
mandibular condylar process fractures  
J Oral Maxillofac Surg, 1999, 57, 7; 764-775
69. Perthes G., 1924  
Über Frakturen und Luxationsfrakturen des Kieferköpfchens und ihre  
operative Behandlung.  
Arch. Klin. Chir. 133:418-433
70. Peuker, E.T., Werkmeister, R., Pera, F., Joos, U., Filler, T.J.  
Operative Verfahren der Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie an nach  
Thiel-fixierten Körperspenden  
Mund Kiefer GesichtsChir 2001, 5, 141-143
71. Rallis, G., Mourouzis, C., Ainatzoglou, M., Mezitis, M., Zachariades, N.  
Plate osteosynthesis of condylar fractures : a retrospective study of 45  
patients  
Quintessence Int 2003, 34(1), 45-49
72. Rasse, M.  
Diakapitukäre Frakturen der Mandibula. Eine neue Operationsmethode  
und erste Ergebnisse  
Stomatologie, 413-428, 1993
73. Rasse, M.  
Recent developments in therapy of condylar fractures of the mandible  
Mund Kiefer GesichtsChir 2000, 4, 69-87

74. Reinert, S. , Schwarz, M., Pourkermani, J.R., Lentrodt, J. (1996)  
Spätergebnisse und Komplikationen der Unterkiefer-  
Kompressionsosteosynthese mit intraoralem Zugang - eine 10 Jahres-  
Studie. In: Schwenzer, N., Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie,  
1996, Bd 41., 74  
Thieme, Stuttgart, New York
75. Sandler, N.  
Endoscopic-assisted reduction and fixation of a mandibular subcondylar  
fracture: Report of a case.  
J Oral Maxillofac Surg, 2001, 59, 12; 1479-1482
76. Sandler, N.A., Andreasen, K.H., Johns, F.R.  
The use of endoscopy in the management of subcondylar  
fractures of the mandible: A cadaver study  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 88:529-31
77. Sano, T., Yoshida, M., Takaku, S.  
Lag-screw osteosynthesis of mandibular condyle fractures: a clinical and  
radiological study  
Br J Oral Maxillofac Surg, 35, 4, 1997, 235
78. Santler, G.  
A comparative evaluation of osteosynthesis with lag screws, miniplates,  
or Kirschner wires for mandibular condylar process fractures.  
J Oral Maxillofac Surg, 2001, 59, 10
79. Schmelzeisen, R., Lauer, G., Wichmann, U.  
Endoskop-gestützte Fixation von Gelenkfortsatzfrakturen des  
Unterkiefers  
Mund Kiefer GesichtsChir 1998, 2 [Suppl 2], 168-170
80. Schneider, R.J.  
Endoscopic repair of subcondylar fractures.  
J Oral Maxillofac Surg, 2002, Suppl 1, 60, 8
81. Schön, R.  
Intraoral approach  
J Oral Maxillofac Surg, 2004, Suppl 1, 62, 8; 13

82. Schön, R., Fakler, O., Gellrich, N.C., Schmelzeisen, R.  
Five-year experience with the transoral endoscopically assisted treatment of displaced condylar mandible fractures.  
Plast Reconstr Surg 2005; 116(1),44-50
83. Schön, R., Gutwald, R., Schramm, A., Gellrich, N.C., Schmelzeisen, R.  
Endoscopy-assisted open treatment of condylar fractures of the mandible: extraoral vs intraoral approach  
Int J Oral Maxillofac Surg 2002, 31(3); 237-43
84. Schön, R., Gutwald, R., Schramm, A., Gellrich, N.C., Schmelzeisen, R.  
Extraorale und intraorale endoskopisch assistierte Versorgung von Kollumfrakturen  
Mund Kiefer GesichtsChir 2002, 6, 236-240
85. Schön, R., Schramm, A., Gellrich, N.C., Schmelzeisen, R.  
Follow-up of condylar fractures of the mandible in 8 patients at 18 months after transoral endoscopic-assisted open treatment.  
J Oral Maxillofac Surg, 2003, 61, 1; 49-54
86. Schwenzer, N.  
Grundlagen der Kieferbruchbehandlung.  
DÄV, 1977
87. Schwenzer N., Ehrenfeld M.  
Zahn-Mund-Kieferheilkunde, Spezielle Chirurgie, Bd II  
Frakturen des Gesichtsschädels, 331-338  
Thieme 2002
88. Shumrick, K.A., Ryzenmann, J.M.  
Endoscopic management of facial fractures  
Facial Plast Surg Clin North Am 2001, 9(3), 469-474
89. Silverman, S.L.  
A new operation for displaced fractures at the neck of the mandibular condyle.  
Dental Cosmos 67:876–877
90. Snell, J.A., Dott, W.A.  
Internal fixation of certain fractures of the mandible by bone plating.

- Plast Reconstr Surg 1969, 43 (3), 281-286
91. Sperber, G. H. (1992)  
Embryologie des Kopfes  
Quintessenz Bibliothek Verlags GmbH, Berlin, Chicago, London,  
Sao Paulo, Tokio
  92. Spiessl, B.  
Osteosynthese des Unterkiefers.  
Springer, New York, Berlin, Heidelberg 1988
  93. Spiessl B., Schroll K.  
Spezielle Frakturen- und Luxationslehre, Gesichtsschädel Bd. I  
Thieme 1972
  94. Steinhäuser, E.  
Eingriffe am Processus articularis auf dem oralen Weg  
Dtsch Zahnärztl Z 1964, 19, 694-697
  95. Steinmann, W.F.  
Makroskopische Präparationsmethoden in der Medizin  
Thieme-Verlag, Stuttgart, 1982
  96. Sugiura, T., Yamamoto, K., Murakami, K., Sugimura, M.  
A comparative evaluation of osteosynthesis with lag screws, miniplates,  
or Kirschner wires for mandibular condylar process fractures  
J Oral Maxillofac Surg, 2001, 59, 1161-1168
  97. Takenoshita Y., Ishibashi H., Oka M., (1990)  
Comparison of functional recovery after nonsurgical and surgical  
treatment of condylar fractures.  
J Oral Maxillofac Surg 48:1191-1195
  98. Thiel, W.  
Die Konservierung ganzer Leichen in natürlichen Farben  
Ann Anat. 1992, 174:185-195
  99. Thiel, W.  
Ergänzung für die Konservierung ganzer Leichen nach W.Thiel  
Ann Anat 2002, 184:267-269
  100. Thorén, H., Hallikainen, D., Iizuka, T., Lindqvist, C.

- Condylar process fractures in children: A follow-up study of fractures with total dislocation of the condyle from the glenoid fossa  
 J Oral Maxillofac Surg, 2001, 59, 7, 768-773
101. Throckmorton, G.S., Ellis, E., Hayasaki, H.  
 Masticatory motion after surgical or nonsurgical treatment for unilateral fractures of the mandibular condylar process.  
 J Oral Maxillofac Surg, 2004, 62, 2; 127-138
102. Troulis, M.J.  
 Endoscopic open reduction and internal rigid fixation of subcondylar fractures.  
 J Oral Maxillofac Surg, 2004, 62, 10; 1269-1271
103. Troulis, M.J., Kaban, L.B.  
 Endoscopic approach to the ramus/condyle unit: Clinical applications.  
 J Oral Maxillofac Surg, 2001, 59, 5; 503-509
104. Tullio, A., Sesenna, E.  
 Role of surgical reduction of condylar fractures in the management of panfacial fractures.  
 Br J Oral Maxillofac Surg, 38, 472-76, 2000
105. Undt, G., Kermer, C., Rasse, M., Sinko, K., Ewers, R.  
 Transoral miniplate osteosynthesis of condylar neck fractures  
 Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999, 88 (5), 534-543
106. Villarreal, P.M. et al.  
 Mandibular condyle fractures: Determinants of treatment and outcome.  
 J Oral Maxillofac Surg, 2004, 62, 2; 155-16
107. Wagner, A., Krach, W., Schicho, K., Undt, G., Ploder, O., Ewers, R.  
 A 3-dimensional finite-element analysis investigating the biomechanical behavior of the mandible and plate osteosynthesis in cases of fractures of the condylar process.  
 Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod 2002, 94, 678-86
108. Wassmund, M. (1927)  
 Frakturen und Luxationen des Gesichtsschädels.  
 Meusser, Berlin.

- Eingriffe am Processus articularis auf dem oralen Weg.  
Dtsch Zahnärztl Z 19:694–697
109. Williams, W.B., Troulis, M.J., Kaban, L.B.  
Reduction of subcondylar fractures using endoscopic access.  
J Oral Maxillofac Surg, 2004, Suppl 1, 62, 8; 26-27
110. Worsaae N., Thorn J.J., (1994)  
Surgical versus nonsurgical treatment of unilateral dislocated low  
subcondylar fractures:  
J Oral Maxillofac Surg 52: 353-360
111. Yang, W.G., Chen, C.T., Tsay, P.K., Chen, Y.R.  
Functional results of unilateral mandibular condylar fractures after open  
and closed treatment.  
J Trauma, 52(3), 498-503, 2002

## Danksagung

Für die Überlassung des Themas möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Dr. Reinert bedanken.

Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. F. Dammann, ehemals Radiologisches Institut sowie Herrn Dr. A. Kirschniak, ehemals Anatomisches Institut des Universitätsklinikums Tübingen.

Ganz besonderer Dank für die umfangreiche Unterstützung sowie die kompetente fachliche Betreuung gilt Herrn Dr. Dr. M. Kimmel.

# Lebenslauf

Dr.med. Dr.med.dent. Steffen Kless

Geburtsdatum : 20.10.1974

Geburtsort: Stuttgart

1985-1994 Ferdinand - Porsche - Gymnasium Stuttgart

06/94 Abitur

08/94-10/95 Zivildienst „Mobile Jugendarbeit“ Stuttgart

04/96-04/98 Humanmedizinstudium Justus - Liebig - Universität, Gießen

04/98-10/98 Humanmedizinstudium Ruprecht - Karls - Universität, Heidelberg

10/98 Doppelstudium der Human- und Zahnmedizin, Eberhard - Karls - Universität, Tübingen

04/01-08/01 PJ Innere Medizin, Klinikum Stuttgart

08/01-11/01 PJ MKG-Chirurgie, Universitätsklinikum Tübingen

09/01 Physikum der Zahnmedizin

12/01-03/02 PJ Chirurgie, Tulane Medical School New Orleans, USA

05/02 3. Medizinisches Staatsexamen

1999-2003 Promotion an der Universitätsklinik Tübingen für Allgemeine Chirurgie mit Poliklinik

Thema: Einfluss von Metergoline auf die Nahrungsaufnahme und das Körpergewicht nach Gastrektomie bei der Ratte. Dosis-Wirkungsbeziehung und Langzeiteffekte.

08/02-06/04 Arzt im Praktikum, Universitätsklinik Tübingen, Klinik und Poliklinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie

02/04-04/04 Zahnärztliche Prüfung

04/04 Approbation als Zahnarzt

06/04 Approbation als Arzt

seit 06/04 Assistenzarzt Universitätsklinik Tübingen, Klinik und Poliklinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie

2003-2006 Promotion an der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Thema: Bewertung der transoralen endoskopisch-assistierten Frakturversorgung am Collum mandibulae - eine experimentelle anatomische Studie