

Diplomarbeit

**Traumakonzepte in der Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie – Entwicklungen der letzten
Jahrzehnte**

eingereicht von

Alexander Othmar Slupetzky

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinischen Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

unter der Anleitung von

Univ.-Ass. Priv.-Doz. Dr.med.dent. Dr.med.univ. Wolfgang Zemann

Graz, am 17.08.2016

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 17.08.2016

Alexander Othmar Slupetzky eh

Danksagungen

Mein spezieller Dank gilt meinem Betreuer Herrn Univ.-Ass. Priv.-Doz.

Dr.med.dent. Dr.med.univ. Wolfgang Zemann für seine Unterstützung und die Zeit, die er aufgewendet hat.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich auf meinem Weg begleitet haben und mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	1
Abstract	2
1 Allgemeiner Teil	3
1.1 Ziele der Traumatherapie	4
1.2 Notfallmanagement	4
1.3 Frakturen	9
1.4 Frakturmechanismen	9
1.5 Frakturzeichen	10
1.6 Knochenheilung	10
1.7 Therapiearten	11
1.8 Mittelgesichtsfrakturen	13
1.9 Unterkieferfrakturen	17
1.10 Frakturen des Kiefergelenkfortsatzes	19
1.11 Traumatologische Besonderheiten bei Kindern	22
1.11.1 Allgemeines	23
1.11.2 Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgische Besonderheiten	23
1.12 Bildgebung bei Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie-Traumata	24
1.12.1 Technische Entwicklungen	24
1.12.2 Aktuelle Einsatzgebiete	26
2 Material und Methoden	29
3 Spezieller Teil	30
3.1 Therapiekonzepte im geschichtlichen Überblick	30
3.2 Materialien	34
3.3 Biologische Osteosynthesematerialien	36
3.4 Aktuelle Therapiekonzepte	38
3.4.1 Konservative Methoden	38
3.4.2 Osteosynthese Methoden	44
4 Diskussion	54
5 Abbildungsverzeichnis	60
6 Quellenverzeichnis	61

Zusammenfassung

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die Therapie bei Frakturen in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie im geschichtlichen Überblick darzustellen.

Therapien für Frakturen gibt es schon seit tausenden von Jahren. Einfache und ineffiziente Schienen sowie komplexe Konstrukte wurden durch stabile und miniaturisierte Platten ersetzt.

Nachdem einige Aspekte zur allgemeinen Traumatologie erläutert werden, wird auf jene Methoden eingegangen, welche seit dem 20. Jahrhundert bei Brüchen zur Anwendung kommen beziehungsweise gekommen sind. Dies beinhaltet neben den chirurgischen Verfahren auch konservative Methoden.

Daneben wird auch auf einige Besonderheiten bei PatientInnen im Wachstumsalter eingegangen.

Ein weiterer Aspekt dieser Arbeit sind die Fortschritte in der Bildgebung. Durch bedeutende Entwicklungsschritte wie zum Beispiel das konventionelle Röntgen, die Computertomographie oder aber auch das 3D-Modelling entstanden für ÄrztInnen deutlich bessere Arbeitsbedingungen wovon auch die PatientInnen profitieren.

Abstract

Aim of this thesis is to describe the treatment of fractures in the oral and maxillofacial surgery in the historical overview.

Therapies for such fractures have been around for millennia. Simple and inefficient splints as well as complex constructs were replaced by stable and miniaturized plates.

After a few aspects of general traumatology, the methods for fractures are described which are used since the 20th century. This includes, in addition to surgical procedures also conservative methods.

Another topic is the peculiarities in patients during the growth period.

This thesis also includes aspects of the advances in imaging. Through various significant development steps such as the conventional X-ray, computed tomography or the 3D Modelling, doctors were offered considerably better working conditions which also had influence on the patient outcome.

1 Allgemeiner Teil

Aufgrund von funktionellen und anatomischen Gegebenheiten müssen Traumata des Gesichtsschädels besonders sorgfältig behandelt werden. Neben allen Sinnesorganen (Geruch, Geschmack, Sehen, Gleichgewicht, Gehör, Tastsinn) befinden sich auch große Blutgefäße (Carotis, Vena Jugularis Interna) sowie die Luftröhre in unmittelbarer Umgebung. Des Weiteren ist der Kopf jener Teil des Körpers, der immer zur Schau gestellt wird und somit eine Entstellung Einfluss auf die Psyche hat.

Das Gesicht kann anatomisch in 3 Teile gegliedert werden (Abbildung 1).

Das obere Gesichtsdrittel reicht von der Haaransatzlinie bis zur Glabella.

Frakturen in diesem Bereich betreffen das Stirnbein und den Sinus Frontalis.

Das Mittelgesicht erstreckt sich von der Glabella bis zur Columella. Frakturen entstehen hier bei der Maxilla, Os nasale, Os ethmoidale, Os zygomaticum und der Orbita.

Das untere Drittel reicht von der Columella bis zum Mentum. Traumata in diesem Bereich betreffen die Dentoalveolarregionen sowie die Mandibula. (1)



Abbildung 1: Unterteilung des Gesichts (1: oberes Drittel, 2: mittleres Drittel, 3: unteres Drittel)

1.1 Ziele der Traumatherapie

Aufgabe der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ist es, nach Traumata schnellstmöglich die Form und Funktion aller beteiligten Strukturen im Gesichtsbereich zu rekonstruieren und Komplikationen zu vermeiden. Treten besonders ausgeprägte Verletzungen auf, ist die Rekonstruktion unter anderem aufgrund von schweren Trümmerfrakturen oder atrophen Knochen nicht immer vollständig möglich. Bei Nervenläsionen ist eine funktionelle Rekonstruktion eingeschränkt. Unabhängig vom Schweregrad der Verletzung sollte immer versucht werden, für die PatientInnen ein bestmögliches Outcome zu erreichen. Um gute Behandlungen zu gewährleisten, ist es wichtig, dass diverse Rahmenbedingungen gegeben sind. Hierzu zählen ein interdisziplinäres Team, technische Ausstattungen wie moderne Geräte zur Bildgebung und aktuelle Operationsgeräte sowie erfahrene ChirurgInnen, welche eine Operation nach den neuesten Richtlinien durchführen. Anschließend müssen die PatientInnen entsprechend nachbetreut werden. (2)

1.2 Notfallmanagement

Die (Not)ÄrztInnen müssen nach einem Trauma durch eine gezielte Anamnese und dem klinischen Bild der PatientInnen schwere Verletzungen erkennen beziehungsweise diese ausschließen können.

Eine wichtige Rolle im Rahmen der Anamneseerhebung spielt hier die Fremdanamnese. Durch diese können bei bewusstlosen PatientInnen mit Amnesie entscheidende Informationen zum Unfallhergang gewonnen werden. Zu erfragen sind der Zeitpunkt, das genaue Unfallgeschehen, wodurch die Gewalteinwirkung stattgefunden hat, der Zustand der PatientInnen am Unfallort sowie die klinischen Veränderungen bis zum Eintreffen im Krankenhaus und die bereits gesetzten Maßnahmen.

Wichtig ist auch, ob ein ausreichender Tetanusschutz vorhanden ist, (3) sowie die Dauermedikation beziehungsweise kürzlich eingenommene Medikamente. (4)

Vitalfunktionen müssen überwacht und aufrecht erhalten werden. Des Weiteren muss geklärt werden ob eine Operation indiziert ist und in welchem Zeitraum diese zu erfolgen hat. (5)

In der (Notfall)Medizin gibt es verschiedene Schemata um in kurzer Zeit wichtige Informationen zu gewinnen ohne dabei wichtige Punkte zu übersehen.

Beim ABCD-Schema spielt der Kopf-Hals-Bereich mehrmals eine entscheidende Rolle. Die Buchstaben dienen als Merkhilfe und haben folgende Bedeutung:

A(irway)/ B(reathing): Hierbei wird untersucht, ob die Atemwege durch Fremdkörper verlegt sind und diese gegebenenfalls entfernt um eine ausreichende Atmung zu sichern. Sofern die PatientInnen es tolerieren, kann eine Guedel- oder Wendeltubus eingeführt werden, um ein Zurücksinken der Zunge zu verhindern und somit die Atemwege freizuhalten. Die Halswirbelsäule ist solange in neutraler Position zu stabilisieren, bis eine Verletzung dieser ausgeschlossen werden kann. Die Kontrolle erfolgt durch klinische und bildgebende Untersuchungen und kann somit erst im Krankenhaus endgültig durchgeführt werden. Für die Stabilisierung der Halswirbelsäule gibt es eigens dafür angefertigte Halskrausen. Sofern diese nicht verfügbar sind, kann durch Sandsäcke eine provisorische Schienung erfolgen. Der Kopf kann auch durch eine Person manuell fixiert werden, wobei diese dann nicht mehr für weitere Hilfemaßnahmen zur Verfügung steht. Atemfrequenzen unter 10/ min und über 29/ min lassen Lebensgefahr für die PatientInnen vermuten.

C(irculation): Puls und Blutdruck werden kontrolliert. Blutungen werden zu stillen versucht. Starke und spritzende Blutungen werden noch vor den Punkten A und B provisorisch behandelt. Bei offenen Wunden, die stark bluten wird das Gefäß aufgesucht und legiert. Systolischer Blutdruck unter 80 mmHg gibt Hinweise auf eine schwere körperliche Dysfunktion. Starke Blutungen bei kleinen Wunden können auch Hinweise auf Blutverdünnung geben.

D (Disability): Für den notfallmedizinischen, neurologischen Status werden verschiedene Tests angewandt. (6) Mithilfe der Glasgow Coma Scale (GCS)

werden die Sprache, die Augenöffnung und motorische Reaktionen beurteilt. Die Werte reichen von 15 (mildes SHT) bis 3 (schweres SHT). (5)

Der Triage Revised Trauma Score (T-RTS) bezieht zusätzlich noch Atemfrequenz und systolischen Blutdruck mit ein. (6)

Bei Traumen des Schädels müssen auch immer Begleitverletzungen im Bereich der Extremitäten, des Thorax, des Gehirns und der Halswirbelsäule ausgeschlossen werden.

Bei der Inspektion wird das Weichgewebe auf offensichtliche Verletzungen wie Prellmarken, Wunden oder Hämatome untersucht.

Spezielle Symptome lassen relativ genaue Vermutungen auf die Lokalisation der Verletzung zu. Galeahämatome können durch Gehirnschädelnfrakturen entstehen und Gehörgangsbloodungen durch Schädelbasisfrakturen. Auf Liquorausfluss aus Nase und Ohr muss besonders geachtet werden, wenn der Verdacht einer Schädelbasisfraktur vorliegt. Hämatome im Bereich der Stirn können Hinweise auf Stirnbeinfrakturen geben.

Bei der körperlichen Untersuchung werden Funktion und Sensibilität überprüft. Frakturen können sowohl die Motorik als auch die Sensibilität beeinflussen.

Palpationen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich sollten in eine Richtung erfolgen, um keinen Untersuchungsschritt zu übersehen.

Bei nachfolgenden Schritten wird von kranial nach kaudal palpiert (Abbildung 2). Begonnen wird mit dem Abtasten der Calvaria (a), gefolgt von der Orbita. Hier wird der laterale (b), obere (c) und untere (d) Orbitarand untersucht.

Anschließend folgen die Nasenwurzel (e) und die Apertura piriformis (f).

Beim Jochbein (g) werden der Bogen und der Körper palpiert. Danach palpiert man die Crista zygomaticoalveolaris (h).

Anschließend wird beurteilt, ob die Maxillen in sich verschiebbar (i) sind.

Bei der Maxilla werden auch Testungen durchgeführt, die auf Frakturen nach Le Fort hinweisen können. Eine Mobilität gegen das Jochbein (j) weist auf Le Fort I hin. Bei einer Mobilität des Oberkiefers gegen den infraorbitalen Rand (k) besteht

Le Fort II. Le Fort II und Le Fort III wird durch palpieren der Maxilla und der Nasenwurzel (l) überprüft.

Danach erfolgt die Palpation der Mandibula (m) und des Kieferwinkels (n).

Kontrolliert muss werden, ob durch Stauchung am Gelenk oder Gelenkfortsatz (o) ein Schmerz ausgelöst werden kann.

Folgend tastet man vom Gehörgang aus die Gelenkköpfchen (p) ab und zuletzt palpiert man das Kiefergelenk (q). (4)

Standardmäßig werden nach der klinischen Untersuchung noch konventionelle radiologische Untersuchungen in zwei Ebenen veranlasst, die senkrecht zueinander stehen. (7)

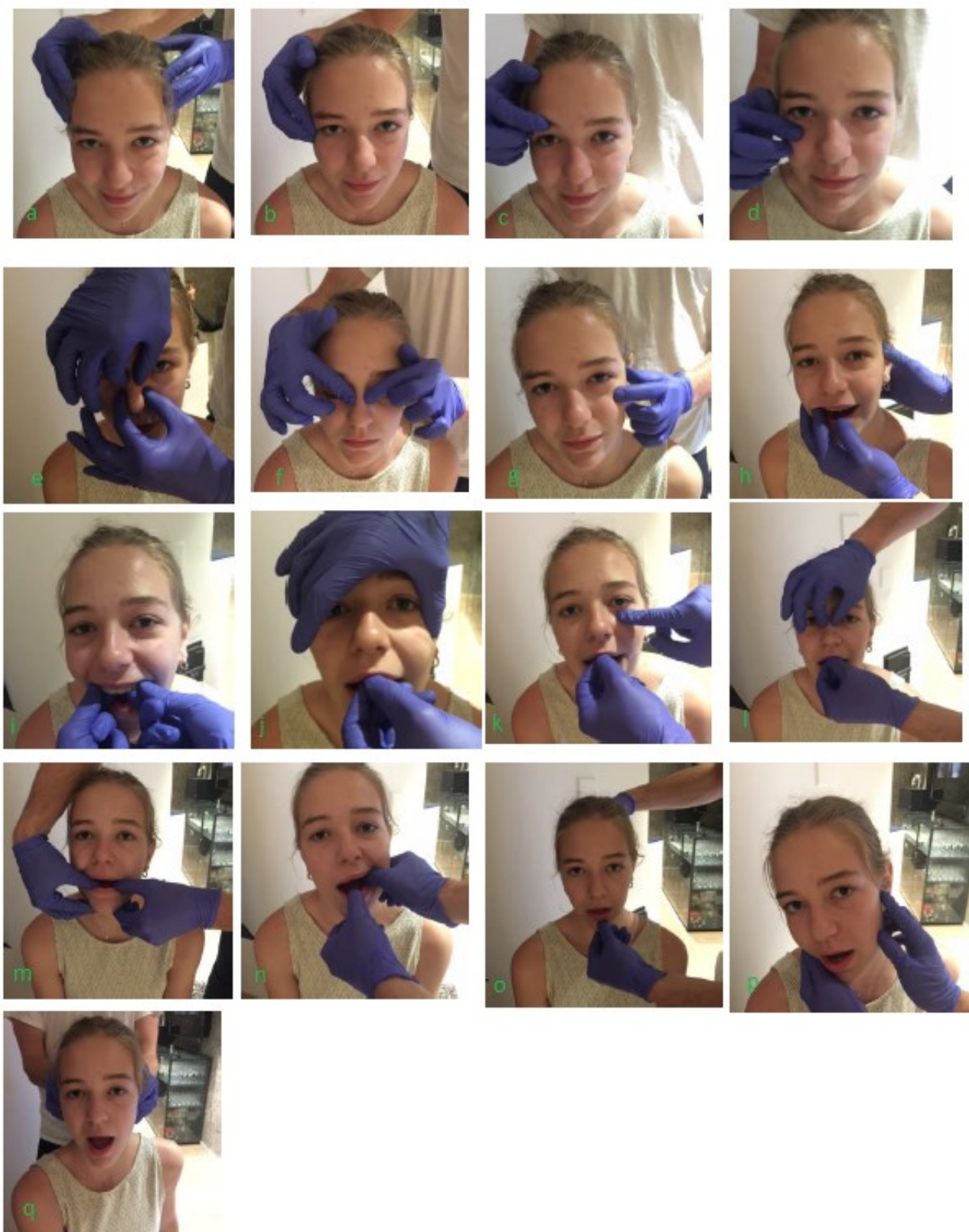


Abbildung 2: Tastbefunde

1.3 Frakturen

Laut Definition ist eine Fraktur eine Kontinuitätsunterbrechung des Knochens. Abhängig davon, ob der Knochen vollständig durchgebrochen ist oder nicht, handelt es sich um eine komplette oder inkomplette Fraktur. Aufgrund der spitzen Bruchstücke kann eine Fraktur zu Weichteilverletzungen führen. Des Weiteren können auch ein Kraftverlust und eine Minderperfusion des Knochengewebes die Folge sein, sowie Nerven geschädigt werden.

Sollte ein Gelenk beteiligt sein, kann es zu Bewegungseinschränkung und Funktionsverlust des Gelenkes führen. (8)

1.4 Frakturmechanismen

Knochenbrüche lassen sich anhand ihrer Entstehung in traumatische und atraumatische Frakturen gliedern.

Traumatische Frakturen entstehen bei einem gesunden Knochen durch eine plötzliche direkte oder indirekte Gewalteinwirkung. Die Art der Gewalteinwirkung ist für spezifische Frakturmuster und Frakturformen ausschlaggebend.

→ Direkte Fraktur: Diese wird durch eine adäquate Gewalteinwirkung von außen auf den Knochen verursacht (z.B. Schlag mit Hammer auf Hand)

→ Indirekte Fraktur: Diese entsteht durch Stauchung, Scherung, Drehung, Abriss oder Biegung (z.B. Unterschenkeldrehbruch bei Schifahrerunfällen)

Atraumatische Frakturen entstehen, wenn keine plötzlich einwirkende Kraft für den Bruch verantwortlich ist.

→ Ermüdungsfraktur: Ursache hierfür ist eine dauerhafte mechanische Überbeanspruchung / eine ungewohnte Biegebeanspruchung. Dabei wird der Knochen aufgrund von Mikrotraumen chronisch geschwächt. Als Beispiel ist hier

die Marschfraktur zu nennen. Knochenstruktur und Knochendichte sind bei diesen Personen normal.

→Pathologische-/ Spontanfrakturen: Verursacht werden diese Frakturen durch krankhaft veränderte Knochen (pathologische Dichte und Struktur), ohne dass ein adäquates Trauma stattgefunden hat (z.B. Osteoporose oder primäre/ sekundäre Knochtumore, Zysten, genetisch bedingt) Bei Tumoren treten Knochenveränderungen meist nur lokal auf. (8,9)

1.5 Frakturzeichen

Man unterscheidet zwischen sicheren und unsicheren Frakturzeichen.

Zu den sicheren Frakturzeichen gehören eine plötzlich neuauftretende Fehlstellung, abnorme Beweglichkeit, sichtbare Knochenteile im Falle eines offenen Bruches und Krepitation (Knochenreiben).

Unsichere Zeichen sind Schmerzen, Funktionseinschränkung bis Funktionsverlust, Schwellung und Hämatome in Kombination mit eventuell großem Blutverlust.

Sichere Frakturzeichen müssen nicht immer vorhanden sein. Es können bei kleineren Knochenbrüchen sowie Stauchungsbrüchen oder auch Abrissfrakturen Symptome nicht oder nur eingeschränkt auftreten. Deshalb empfiehlt es sich, wenn sich im Rahmen einer Anamnese ein Trauma nicht ausschließen lässt, eine radiologische Untersuchung zu veranlassen. (10)

1.6 Knochenheilung

Damit ein frakturierter Knochen ungestört heilen kann, sind drei Punkte wichtig:

→Die Frakturstücke müssen Kontakt haben.

→Es muss eine ausreichende Blutversorgung aller beteiligten Knochenstücke gewährleistet sein.

→Die betroffenen Knochenstücke müssen kontinuierlich in physiologischer Position ruhiggestellt werden

Sollten diese Punkte nicht gewährleistet sein, oder eine Infektion auftreten, kann dies zu Heilungsstörungen führen.

Bei der Knochenheilung wird zwischen primärer und sekundärer unterschieden.

Primäre Knochenheilung (Kontaktheilung) lässt im Röntgenbild keine Kallusbildung erkennen. Hierfür ist eine optimale Versorgung nötig (Stabilität durch Osteosynthese und anatomische Reposition).

Sekundäre Knochenheilung entsteht, wenn ein Bruchspalt vorhanden ist, oder aber keine vollkommene Ruhigstellung gewährleistet wird.

Beide Arten der Knochenneubildung weisen ein biologisch und mechanisch qualitativ gleichwertiges Ergebnis vor. (11)

1.7 Therapiearten

Vor jeder Behandlung müssen die PatientInnen je nach Zustand und Dringlichkeit des Eingriffs entsprechend genau aufgeklärt werden, sowie über alternative Behandlungsmethoden informiert werden.

Da ChirurgInnen nicht nur Verletzungen sondern auch PatientInnen behandeln, müssen die ChirurgInnen immer das Gesamtbild betrachten und auch auf eventuelle Wünsche und Gegebenheiten der PatientInnen eingehen.

Oftmals gibt es für eine Verletzung verschiedene Methoden diese zu behandeln. Diese gliedern sich in eine operative Behandlung, eine konservative Behandlung oder aber auch keine Behandlung.

Keine Behandlung bedeutet, dass man aktiv nicht in den Heilungsprozess eingreift sowie keine weiteren Nachkontrollen nötig sind.

Konservative Behandlungen sind jene, bei denen nicht aktiv die (Schleim)Haut eröffnet wird und somit keine direkte Sicht auf die Verletzung vorhanden ist. Bei dieser Behandlungsart gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten. Angefangen von Schonkost in Kombination mit Verlaufskontrollen über kieferorthopädische Schienen bis hin zu intermaxillärer Fixation (Erklärung siehe Seite 13).

Chirurgische Behandlungen beinhalten im Normalfall eine Freilegung der betroffenen Stellen, die Reposition der Knochen und die Fixierung der Knochen. Bei diesen Eingriffen muss auch das Weichteilgewebe mitbehandelt werden. (2)

Bei chirurgischen Methoden unterscheidet man „rigide“ (6) (Bedeutung: steif, starr (12)) und „nicht rigide“ Systeme. (6)

Bei rigiden Systemen werden die Bruchstücke so fixiert, dass keine Bewegung zwischen diesen stattfinden kann, selbst wenn eine Kraft auf diese ausgeübt wird. Dadurch findet eine primäre Knochenheilung statt. (13)

Zu diesen Systemen zählen unter anderem Kompressionsplatten sowie Kompressionsschrauben aber auch Kombinationen aus Miniplatten mit Stabilisationsplatten. (6)

Bei der Rigidität unterscheidet man zwischen „Load-bearing“ (lasttragend) und „load-sharing“ (teillasttragend).

Bei lasttragenden Systemen wird jene Kraft, die auf den Bruchspalt wirken würde, komplett von der Platte aufgenommen. Hierfür verwendet man Verriegelungsplatten bei Frakturen der Mandibula, wenn es sich unter anderem um Trümmerfrakturen oder Frakturen bei Atrophie handelt.

Bei teillasttragenden Systemen erreicht man die Stabilität durch den Reibungswiderstand der Bruchstücke, weswegen ein ausreichend stabiler Knochen vorhanden sein muss, und durch die verwendeten Osteosynthesematerialien. Zur Anwendung kommen hier Zugschrauben und

Kompressionsplatten. Kontraindikationen für diese Methode sind Trümmerfrakturen oder atrophe Knochen.(14)

Nicht rigide Systeme kennzeichnen sich dadurch, dass bei Belastung der Frakturfragmente diese nicht stabil genug sind. Dies hat eine Bewegung im Bereich des Frakturspaltes zu Folge. Deshalb ist bei Drahtosteosynthesen bei Unterkieferfrakturen eine intermaxilläre Fixation von Nöten um für eine ausreichende Ruhigstellung zu sorgen.(6)

Bei der intermaxillären Fixation(IMF; Synonym: mandibulo-maxilläre Fixation/ MMF) wird der Unterkiefer mit dem Oberkiefer vorübergehend verblockt, um eine Ruhigstellung der Kiefer zu erreichen. Dies wird bei der Knochenheilung angewandt, oder im Rahmen von Operationen, um eine ordnungsgemäße Okklusion sicherzustellen. (15)

1.8 Mittelgesichtsfrakturen

Anatomie:

Der knöcherne Anteil des Mittelgesichtes besteht aus folgenden Teilen: Maxilla, Os lacrimale, Os palatinum, Os nasale, Vomer, Os zygomaticum sowie Teile des Os temporale und Os frontale. (16)

Aufgrund des trajektoriiellen Aufbaus des Gesichtsschädels gibt es bei Krafteinwirkung typische Frakturtypen. Bei kleinflächigen und großen Kräften sind jedoch alle Frakturtypen möglich. Aufgrund der Nähe zum Schädelinneren besteht bei Mittelgesichtsfrakturen die Gefahr, dass das Gehirn verletzt wird sowie Krankheitserreger durch ein Liquorleck bis zum Gehirn gelangen können. (6,16)

Klassifikation:

Mittelgesichtsfrakturen lassen sich auf unterschiedliche Art und Weise klassifizieren. Die meisten Klassifikationen beruhen auf der Kombination von bestimmten Frakturtypen und Frakturlokalisationen. Häufig werden Einteilungen nach Le Fort (Abbildung 3) und Wassmund durchgeführt. Le Fort hat experimentell

typische Frakturlinien herausgefunden. Je nach Krafteinwirkung ist es jedoch möglich, dass beidseits die Fraktur unterschiedlich ausgeprägt ist bzw. auf einer Seite zusätzliche Fragmente vorliegen. (6)

LeFort I Fraktur:

Für diese Fraktur ist eine größere, stumpfe Gewalteinwirkung auf den dentoalveolären Teil des Oberkiefers häufig verantwortlich. Da die Gewalteinwirkung oftmals von vorne oder seitlich stattfindet, verlagert sich der Oberkiefer meist nach hinten/ seitlich. (3)

LeFort I ist eine horizontal verlaufende Fraktur im Bereich des Oberkiefers. Der Verlauf geht kranial der Zahnwurzeln durch die Maxilla und die Sinus maxillares beidseits. Dies hat zur Folge, dass der Alveolarfortsatz vom verbleibenden Teil des Oberkiefers und des Schädels getrennt wird.

Die Fraktur trennt somit den kaudalen Teil vom kranialen Teil des Mittelgesichts. (8)

Lefort II Fraktur:

Ursachen sind meistens physische Gewalt oder Unfälle. (7) Der Musculus pterygoideus medialis sorgt mit seinem Zug dafür, dass sich das Bruchstück nach dorsocaudal verschiebt. (3)

Bei dieser pyramidalen Fraktur wird der Oberkiefer vom Rest des Gesichtsschädels getrennt. Daraus resultiert eine zentrale Mittelgesichtsfraktur. Diese verläuft durch den Processus zygomaticus maxillae bis zur Orbita. Von dort läuft die Fraktur weiter durch den Processus frontalis maxillae und durch das Os nasale der Gegenseite. (8)

Lefort III Fraktur:

Ursache für diese Fraktur ist häufig eine großflächige, stumpfe Gewalt, die auf den Gesichtsschädel auftrifft. Dadurch, dass der Flügelfortsatz nicht mehr mit der Schädelbasis in Verbindung steht, wandert das Mittelgesicht dorsocaudal durch Zug des Musculus pterygoideus medialis.(3)

Diese transversale Fraktur entsteht durch vollständige Trennung von Mittelgesicht und Schädelbasis. Der Frakturverlauf zieht sich von der lateralen Orbitawand in

die Orbita, von dort aus weiter durch den Processus frontalis maxillae und auf die Gegenseite.

Häufig treten dabei eine Fraktur des Jochbogens und Eröffnung der Ethmoidzellen auf.(8)

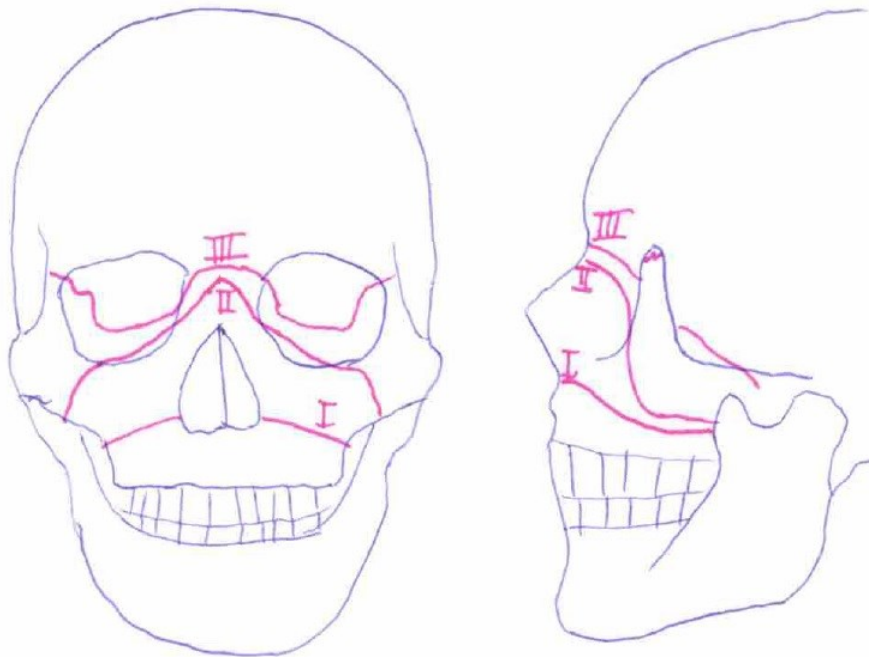


Abbildung 3: Le Fort Frakturen I/II/III

Bei der Einteilung nach Wassmund werden 4 Frakturtypen unterschieden.

Typ I: Die Maxilla wird vom Rest des Schädels abgetrennt.

Typ II: Zusätzlich zur Maxilla werden die kaudalen Flügelfortsätze und die Ossium nasi abgetrennt.

Typ III: Bei diesem Typ werden Maxilla, Jochbeine, Nasenseptum und Flügelfortätze abgetrennt.

Typ IV: Der Gesichtsschädel wird vom Gehirnschädel abgetrennt.(6)

Symptome:

Gewisse Leitsymptome können bereits Auskunft über die Lokalisation der Läsion geben.

So lässt ein mobiler Oberkiefer etwa auf eine zentrale Mittelgesichtsfraktur schließen. Sehstörungen deuten auf eine Orbita-Fraktur hin. Bei Schädelbasis-Frakturen tritt häufig Liquor aus. Indirekte Frakturzeichen manifestieren sich durch ein periorbitales Hämatom und Kiefer- sowie Alveolarfortsatzfrakturen durch Okklusionsstörungen. (16)

Diagnostik:

Der Mundraum muss mit guter Beleuchtung betrachtet und abgetastet werden. Des Weiteren wird der gesamte Schädel sorgfältig palpirt und dabei wird auf Stufenbildungen geachtet. Diese spürt man besonders gut im infraorbitalen Bereich. Durch die rasche Schwellung im Gesichtsbereich ist es häufig nicht möglich, tieferliegende Knochenstrukturen mit dem Finger zu tasten.

Beim Patienten wird auch eine Sensibilitätsprüfung durchgeführt. Weiter werden ein HNO-ärztlicher, augenärztlicher, neurologischer und internistischer Status durchgeführt.

Konventionelles Röntgen alleine reicht nicht aus. Neben dem Orthopantomogramm werden noch eine Computertomografie (CT) und gegebenenfalls ein 3 D-MRT durchgeführt. Um Hämatome von Ödemen zu unterscheiden, eignet sich der Ultraschall. Für die Diagnostik von Frakturen ist diese Methode aber nicht zielführend. (16)

Therapie

Bei Frakturen des Os zygomaticum, der Orbitawand, der Nase, und des Os ethmoidale findet keine Behandlung statt, wenn weder eine Dislokation, ein kompletter Bruch, Schmerzen, Malocclusion oder Dysfunktionen vorliegen.

Frakturen des Sinus frontalis, der Schädelkalotte und der Schädelbasis ohne Verschiebungen müssen auch nicht zwingend operiert werden.

Mobile und verschobene Le Fort Frakturen stellen immer eine Indikation zur Operation bei Erwachsenen dar. Grünholz-Frakturen können in diesem Bereich bei Kindern konservativ behandelt werden.

Therapie der Wahl bei Mittelgesichtsfrakturen mit Dislokation ist immer die Operation.

Schrauben und Platten sollten die Knochen in alle 3 Dimensionen fixieren.

Frakturen mit Okklusionsstörung müssen vor der Fixation mithilfe von IMF in eine korrekte Position gebracht werden(2)

1.9 Unterkieferfrakturen

Anatomie:

Der Unterkiefer ist ein unpaarer, hufeisenförmiger Knochen, der sich im Laufe des ersten Lebensjahres bildet, indem die rechte und linke Knochenanlage miteinander verschmilzt. (17) Eine Verbindung zum Schädel entsteht durch Muskeln und Bänder.

Eingeteilt wird die Mandibula in Corpus mandibulae und Ramus mandibulae. Die Zähne befinden sich im Alveolarfortsatz. Von allen Schädelknochen ist die Mandibula jener Knochen, der als einziger frei beweglich ist. (3)

Klassifikation:

Aufgrund der anatomisch exponierten Lage, gehören Unterkieferfrakturen mit 65%-70% zu den häufigsten Frakturen im Gesichtsschädel. (6)

Die Lokalisation der Frakturen ergibt sich durch typische Schwachstellen in diesem Bereich. So stellen retinierte Weisheitszähne, Zysten oder Zähne mit langen Wurzeln prädestinierte Stellen dar. (3,6)

Da für das Unterkiefer keine einheitliche Frakturklassifikation existiert, erfolgt die Einteilung nach Lokalisation und Verlauf.(8)

Bei Mehrfachbrüchen gibt es typische Kombinationen, welche gehäuft auftreten: Beim Kieferwinkel ist häufig der gegenseitige Corpus mitbeteiligt (Abbildung 4a). Bei einer Medianfraktur sind die Gelenksfortsätze beidseits häufig mitbetroffen (Abbildung 4b).

Wenn Brüche/ Traumen im Bereich der Eckzähne oder Prämolaren auftreten, kann kontralateral der Kieferwinkel (Abbildung 4c) oder Gelenkfortsatz (Abbildung 4d) auch verletzt sein.

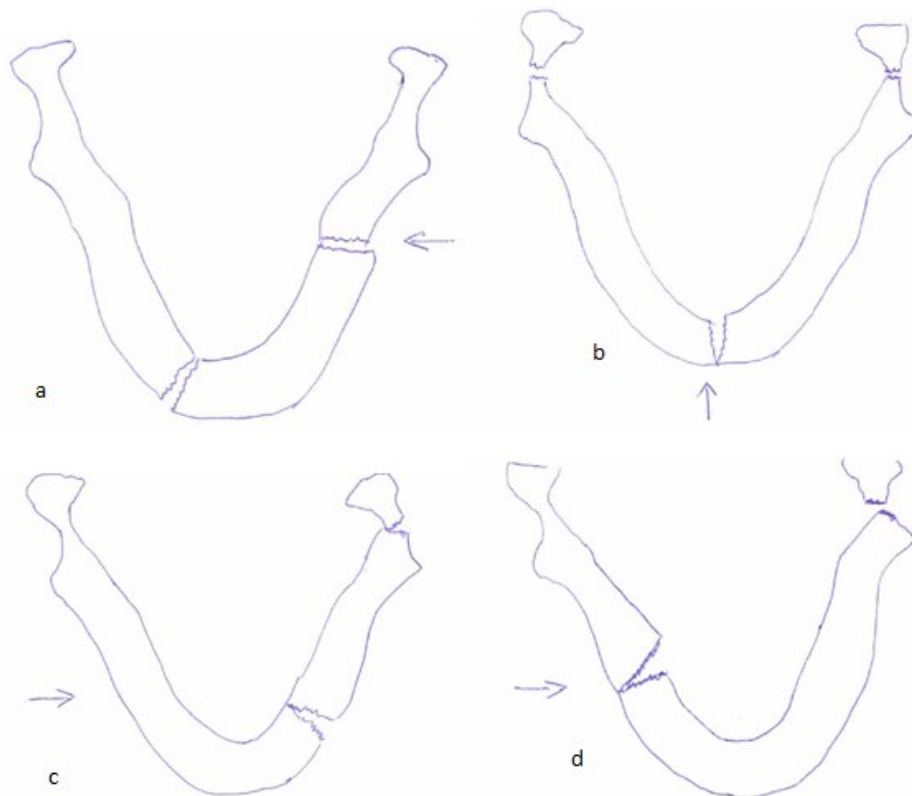


Abbildung 4: Frakturen im Unterkiefer

Dislokationen werden durch den Frakturmechanismus und die Wirkung der ansetzenden Muskeln vorgegeben. Durch die Mundbodenmuskulatur werden Brüche in Richtung Os hyoideum disloziert, die Mm. digastrici sorgen für einen dorsalen Zug und die Mundschließer für eine Elevation der gelenknahen Teile. (6)

Diagnostik:

Eine gestörte Okklusion und eine abnorme Beweglichkeit der Zahnreihen sind zumeist Leitsymptome für eine Unterkieferfraktur.

Nach eventuell bereits bestehenden Zahnfehlstellungen sollte gefragt werden. Der Unterkiefer wird sorgfältig abgetastet und auf Verschiebbarkeit geprüft. Blutungen und Hämatome können auf eine Fraktur hinweisen. Im Falle einer Fraktur können Läsionen vor allem des Nervus alveolaris inferior auftreten, was zu einer Sensibilitätsstörung im Bereich des Unterkiefers der betroffenen Seite führen kann. Nervus lingualis und Nervus facialis sind selten betroffen. (6) Zur Diagnose sind zumindest Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen nötig. Geeignet sind ein

Orthopantomogramm und eine Unterkiefer-Übersichtsaufnahme nach Clementschitsch. (16) Dabei können Brüche im Corpus und Ramus mit Gelenkfortsatz aufgezeigt werden. Für eine exakte Diagnose von Frakturen kann ein CT veranlasst werden. Dabei wird der genaue Verlauf ersichtlich. (6)

Therapie

Bei der Mandibula wird eine konservative Behandlung nur in Betracht gezogen, wenn weder eine Dislokation, ein kompletter Bruch, Schmerzen, Malocclusion oder Dysfunktionen vorliegen.

Eine erfolgreiche Heilung wird mithilfe von IMF bei Mandibula-Körper Frakturen erzielt, sofern diese keine Dislokation aufweisen.

Therapie der Wahl bei Mandibulafrakturen mit Dislokation ist immer die Operation.

Schrauben und Platten sollten die Knochen in alle 3 Dimensionen fixieren.

Jegliche Frakturen, die eine Okklusionsstörung zur Folge haben müssen vor der Fixation mithilfe von IMF in eine korrekte Position gebracht werden. (2)

1.10 Frakturen des Kiefergelenkfortsatzes

20%-50% aller Frakturen des Unterkiefers betreffen das Kiefergelenk. Als Ursachen finden sich hauptsächlich Kräfte, welche indirekt auf das Kinn oder im Rahmen von Verkehrsunfällen beziehungsweise physischer Gewalt einwirken. (7)

Klassifikation:

Eine Klassifikation wurde von Spiessl und Schroll eingeführt. Für die Einteilung entscheidend sind sowohl die Frakturhöhe als auch der Grad der Dislokation.

Dabei werden 6 Typen unterschieden:

Typ I: Trotz Fraktur besteht keine Dislokation

Typ II: Es besteht eine tiefe Collumfraktur mit einer Dislokation

Typ III: Es besteht eine hohe Collumfraktur mit einer Dislokation

Typ IV: Es besteht eine tiefe Collumfraktur mit einer Luxation

Typ V: Es besteht eine hohe Collumfraktur mit einer Luxation

Typ VI: Capitulumfraktur/ intrakapsuläre Fraktur (18)

Ob eine Fraktur als hoch oder tief klassifiziert wird, hängt von ihrer Lage ab. Dafür nimmt man eine Trennlinie, welche vom tiefsten Punkt der Incisura der Mandibula senkrecht auf die Tangente des Ramus verläuft. Abhängig davon, ob sich mehr als 50% der Fraktur oberhalb oder unterhalb dieser Linie befinden, spricht man von einer hohen (Abbildung 5a) oder tiefen (Abbildung 5b) Fraktur.

Je höher der Frakturtyp ist, desto schlechter ist die Prognose für die Genesung.(6)

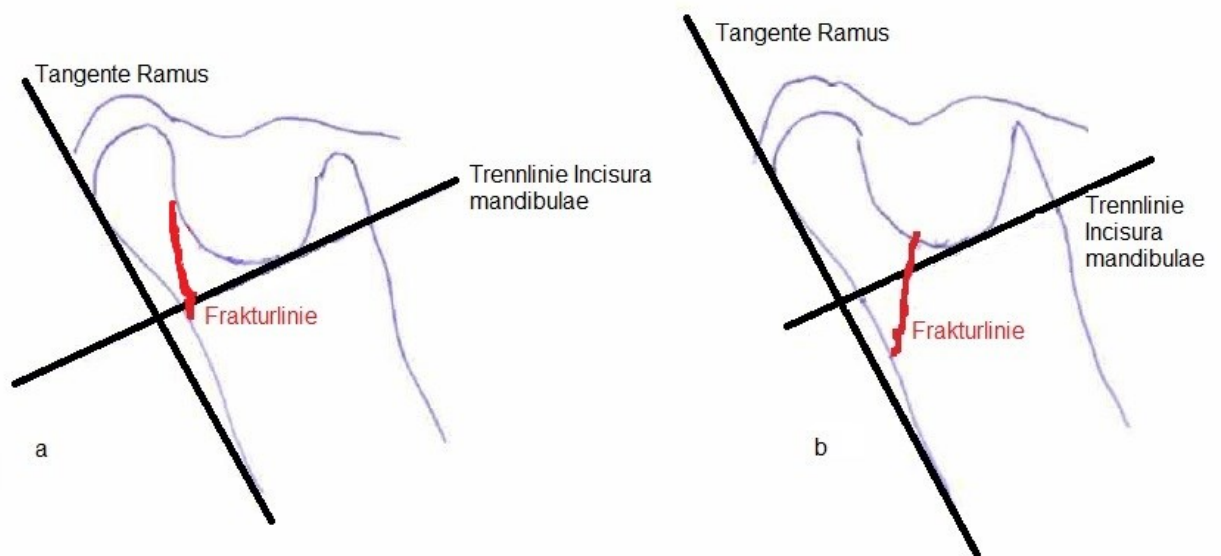


Abbildung 5: Darstellung von hoher (a) und tiefer (b) Collumfraktur

Beim Kiefergelenksköpfchen wird bei Frakturen zwischen 3 Typen (Abbildung 6) unterschieden.

Typ A: Abscherfraktur vom medialen Pol

Typ B: Abscherfraktur der kompletten Walze durch den lateralen Pol

Typ C: Eine hohe subkapituläre Fraktur intrakapsulär gelegen(19)

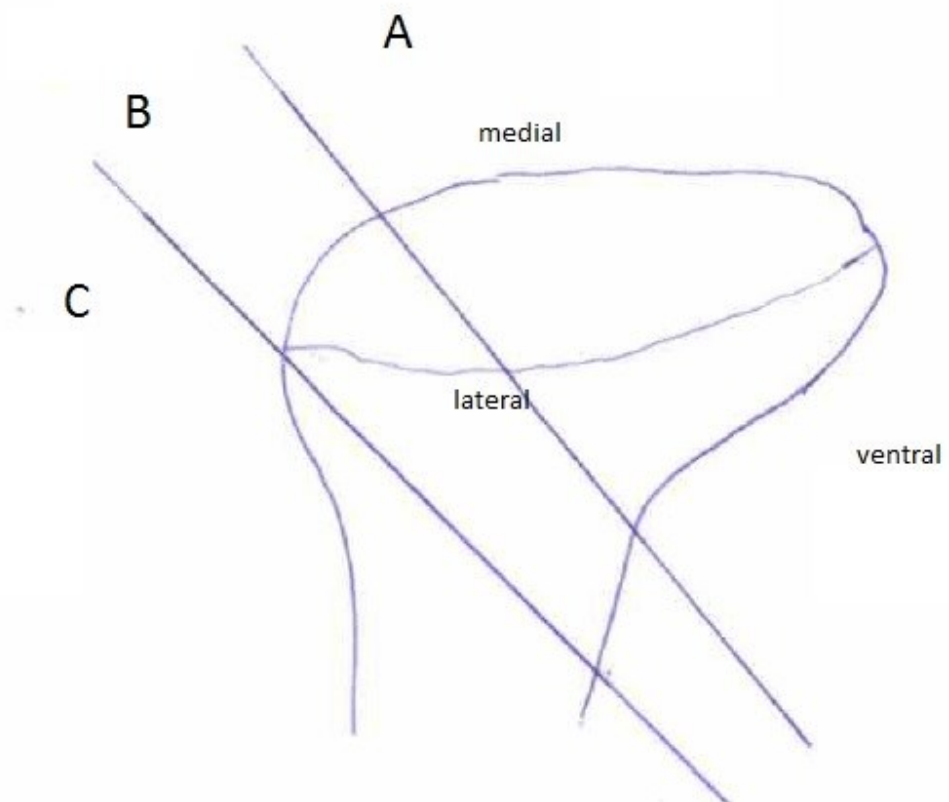


Abbildung 6: Kiefergelenksköpfchenfrakturen (Typ A/ B/ C)

Diagnostik:

Schmerzlokalisierung geben die PatientInnen im Bereich vor dem Ohr an, wobei die Schmerzen sowohl bei Bewegung als auch in Ruhe auftreten können. Sollte die Gehörgangswand perforiert sein, kann auch Blut aus dem Ohr austreten. In diesem Fall muss eine Schädelbasisfraktur ausgeschlossen werden.

Okklusionsstörungen (Kontakt der Zähne ist beim Kauen fehlerhaft) können auch auftreten.

Neben der Inspektion und Palpation kommt auch die bildgebende Diagnostik zum Einsatz. Projektion nach Clementschitsch, die Orthopanthographie und eine Aufnahme der Schädelbasis ermöglichen eine Abklärung in drei Ebenen. Mit der Höhe der Fraktur nimmt aber auch die Genauigkeit der Beurteilung ab. (6)

Deshalb wurden diese Methoden durch die Computertomographie und die digitale

Volumentomographie (DVT) abgelöst. Die DVT ist ein radiologisches Tomographie-Verfahren, wo mithilfe von Röntgenstrahlen ein 3D-Bild am Computer erzeugt wird. (20) Damit können neben schädelbasisnahen Frakturen auch gegebenenfalls Läsionen des Gehörganges erkannt werden. Mithilfe der MRT lässt sich eine Positionsveränderung des Discus eruieren. (6)

Therapie

Condylenkopf-Frakturen ohne Dislokation mit Schmerzen oder funktionellen Defiziten sollten mithilfe von IMF und/ oder kieferorthopädischen Methoden behandelt werden. (2)

Bei erheblichen Luxationen oder Dislokationen und wenn man mithilfe der konservativen Therapie keine ordnungsgemäße Okklusion sicherstellen kann, muss operiert werden. Dabei kommen verschiedene Platten- (unter anderem Miniplatten und funktionsstabile Platten) und Schraubenosteosynthesen (unter anderem Zugschrauben) infrage.(21)

Condylusfrakturen werden, egal ob eine Dislokation vorliegt oder nicht, bei Kindern unter 12 Jahren vorrangig mithilfe von IMF behandelt. (2)

1.11 Traumatologische Besonderheiten bei Kindern

Gassner et. all untersuchten in einer Studie die Epidemiologie von 6060 kraniofazialen Verletzungen bei 3385 Kinder unter 15 Jahren zwischen 1991 und 2000.

Die Häufigsten Verletzungen zogen sich Kinder beim Spielen (58,2%) zu, gefolgt von Sport (31,8%) und Verkehrsunfällen (5%). Der Rest entfällt auf Gewalt und andere Ursachen. Buben sind etwa 1,6 mal häufiger betroffen als Mädchen.(22)

1.11.1 Allgemeines

Kinder dürfen nach Traumata nicht gleichbehandelt werden wie Erwachsene, da sie sich in einigen Punkten deutlich unterscheiden („Kinder sind keine kleinen Erwachsenen!“)

-Aufgrund ihrer in Relation größeren Körperoberfläche kühlen sie schneller ab als Erwachsene.

-Es besteht auch die Gefahr, dass Kinder trotz starkem Blutverlust anfänglich einen normalen Blutdruck aufweisen und dann plötzlich dekompensieren.

-Wenn Kinder verletzt sind oder Angst haben, schlucken sie Luft. Das kann bei abdominalen Untersuchungen zu Verwirrung führen.

-Aufgrund der Elastizität des kindlichen Thorax wird die Energie bei Traumata nach innen übertragen. Diese Eigenschaft führt dazu, dass Kinder von außen unverletzt erscheinen können, im Thorax aber schwere Verletzungen aufweisen.

-Säuglinge atmen durch die Nase. Da die Luftpassage relativ eng ist und leicht anschwellen kann, besteht hier die Gefahr einer akuten Atemnot. (22)

1.11.2 Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgische Besonderheiten

Da bei Kindern das Knochenwachstum noch nicht abgeschlossen ist, kommt Frakturen eine besondere Beachtung zu.

Eine Defektheilung an den Knochen und Schäden an den Zähnen, verursacht durch Osteosynthesematerialien oder das Trauma, sollten schnellstmöglich erkannt und korrigiert werden um Wachstumsschäden zu verhindern. Deshalb gehört der Heilungsverlauf engmaschig kontrolliert. (6)

Untersuchungen bei Kindern gestalten sich schwieriger als bei Erwachsenen.

Aufgrund der kleinen Größe, der noch unvollständigen Pneumatisation der Nasennebenhöhlen und der häufig nicht gegebene Kooperationswille ist eine radiologische Beurteilung von Gesichtsschädeltraumata besonders schwierig. Das gleiche trifft auch auf eine klinische Untersuchung inklusive Palpation zu.

Die kindliche Maxilla und Mandibula enthalten Zahnkeime (Entwicklungsstadium bei Zähnen; Wurzel fehlt noch, Krone ist schon ausgebildet).

Dies erschwert die Frakturbehandlung, da man mit Schrauben besonders auf die Zähne Acht geben muss und eine IMF erschwert wird.

Aufgrund der schnellen Knochenheilung wird eine Stabilisation der Fraktur innerhalb der ersten 5 Tage angestrebt. Unnötige Operationen und Fixationen sollten vermieden werden, um das Risiko für Spätschäden zu reduzieren.(22)

1.12 Bildgebung bei Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie-Traumata

Ziel der Radiologie bei Traumata im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich ist es Knochen und Weichteile in drei Ebenen darzustellen. In den letzten Jahrzehnten sind in diesem Bereich enorme Fortschritte gelungen.

1.12.1 Technische Entwicklungen

Konventionelle Röntgenaufnahmen stellten Anfang des 20. Jahrhunderts die Basis für Frakturen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich dar. Während der späten 40er und 50er wurden zahlreiche verschiedene radiologische Techniken für alveoläre, mandibuläre und Mittelgesichtsfrakturen entwickelt. So wurde etwa bei Verletzungen der Mandibula und der Kondylen Kombinationen von transkranialen-, occlusalen-, schräg-lateralen- und AP- Projektionen verwendet.(23)

Man erkannte aber schon früh, dass diese Methoden einige Einschränkungen hatten. Aufgrund von Überlagerungen verschiedener anatomischer Strukturen waren Aufnahmen von verschiedenen Positionen nötig.

Des Weiteren wirkten sich Weichteilödeme auf den Kontrast aus. Weichteile konnten nicht dargestellt werden und Objekte wurden auch verzerrt dargestellt. (24,25)

In den 60er Jahren wurden zwei neue Technologien auf den Markt gebracht: Die Röntgentomographie und die Orthopantomographie. Diese Methoden

ermöglichten regionale Ansichten von Frakturen. Außerdem legten sie den Grundstein für die Schnittbildgebung. Jede dieser zwei Methoden hatte ihre Stärken.

Die Orthopantomographie ermöglichte eine gute Darstellung des Kiefers und die Tomographie hatte ihre Vorteile im Bereich des Orbitabodens und den Mandibulakondylen. (23)

Beide Techniken erwiesen sich in Bezug auf die Überlagerungen als vorteilhaft im Vergleich zum konventionellen Röntgen. Man erkannte aber schnell, dass auch diese zwei Methoden ihre Limitationen hatten. Beim Panoramaröntgen können subcondyläre Frakturen leicht übersehen werden, wenn diese nur geringgradig disloziert sind. Die Tomographie benötigte noch technische Erneuerungen, damit man eine Schnittbilddicke von einem Millimeter erreichte. (26)

In den späten 70ern wurde die Computertomographie eingeführt, wodurch es erstmalig möglich war, sowohl Knochen als auch Weichteile darzustellen.

Trotz anfänglich geringerer Auflösung im Vergleich zum konventionellen Röntgen erwies sich die Computertomographie bei der Diagnose von Traumata als besser, besonders im Hinblick auf die Weichteildarstellung. (23) Dies verdankte man den nicht überlagernden Querschnittsbildern, wodurch zum ersten Mal das vollständige Volumen von PatientInnen dargestellt werden konnte. Gegen Ende der 80er Jahre wurde das Spiral-CT entwickelt, wodurch schnellere Untersuchungen möglich waren. Dadurch konnten Fehler, wie etwa PatientInnenbewegungen, reduziert werden. (27) Die Multislice-Computertomographen wurden ab den 90ern entwickelt. Hierbei werden pro Röhrenumlauf gleich mehrere Schnittbilder aufgenommen. Von anfänglich 2 Schnittbildern waren bis zum Jahre 2005 64 Schnittbilder (28,29) möglich und bis 2016 320 Schnittbilder (30). Durch diese Fortschritte wurden einerseits die Untersuchungszeit deutlich verringert und andererseits Artefakte reduziert und Auflösungen unter 1mm ermöglicht. (28,29)

Während der letzten Jahrzehnte hat es in der Bildgebung zwei entscheidende Innovationen gegeben, welche die Diagnose deutlich erleichtert haben.

Einerseits durch verbesserte Computerleistungen die Digitalisierung. Andererseits die mehrdimensionale Darstellung.

Querschnittsbilder in Kombination mit der Volumenerfassung ermöglichen eine präzise 3D-Darstellung von Strukturen.

Diese Entwicklungen wurden durch den Wunsch nach präziseren und schnelleren Diagnoseverfahren vorangetrieben. In der heutigen Zeit ist die Bildgebung nicht mehr wegzudenken. Die bildliche Darstellung hat die Behandlungen deutlich beeinflusst. Aufgrund der Diagnostik wird heutzutage die Entscheidungsfindung erleichtert, ob konservativ oder operativ behandelt wird. Aufgrund der besseren präoperativen Planbarkeit haben sich auch der Krankenhausaufenthalt verkürzt, das Ergebnis verbessert und die Komplikationen verringert. (23)

1.12.2 Aktuelle Einsatzgebiete

Konventionelle Röntgenaufnahmen sind noch immer häufig in Verwendung. Jedoch liegt die Sensitivität bei Verletzungen der Orbita oder der Maxilla knapp unter 40%. (31)

Die CT ist dem Röntgen in vielen Bereichen überlegen, sollte aber im Hinblick auf die erhöhte Strahlenbelastung nur bei gegebener Indikation angewandt werden. Gerade bei komplexen Gesichtsfrakturen, speziell im Bereich des Sinus frontalis, der Nasoethmoidalregion und der Orbita ist eine Bildgebung mithilfe der CT der Goldstandard.

Für Operationsplanungen im Mittelgesicht ist diese Untersuchungsmethode auch nicht wegzudenken.

Als Alternative wurde der Ultraschall angedacht, womit keine Strahlenbelastung gegeben wäre. Diese Methode setzte sich aber nicht durch, da die Anwendung nur auf den Orbitarand, Nasenknochen, den Bogen des Os zygomaticum und die Vorderwand des Sinus frontalis beschränkt ist. Wenn keine Dislokation der Knochen gegeben ist, können Frakturen auch nicht erfasst werden. (23)

Die Magnetresonanztomographie hat bei Knochenbrüchen eine geringere Sensitivität als die CT. Weichteilverletzungen und Blow-Out Frakturen des Orbitabodens können jedoch besser beurteilt werden. (32)

Eine weitere Errungenschaft war die Digitale Volumetomographie (DVT). Diese Methode eignet sich ideal für den Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich und bietet verbesserte Möglichkeiten für die multiplanare Rekonstruktion und 3D-Bildgebung. Mit der DVT kann man auch Verletzungen detektieren, die kleiner als 1 mm sind.

Bei dieser Untersuchung können die PatientInnen sitzen und somit sind diese Geräte auch platzsparender. (23)

3D-Modelling:

Bei komplexen Frakturen hat sich in den letzten zweieinhalb Jahrzehnten das 3D-Modelling entwickelt beziehungsweise etabliert.

Dabei werden die Daten einer CT verwendet und mithilfe von Stereolithografie in einem 3-dimensionalen Modell dargestellt.

Dieses Modell stimmt dann mit der Anatomie des Patienten überein und die einzelnen Strukturen des Modells sind solide. (33) Mithilfe dieser Methode ist es möglich, Osteosynthesematerialien präoperativ zu formen und anzulegen.

Durch die genaue präoperative Lokalisation der Läsion reduziert sich die Größe des chirurgischen Zuganges. Außerdem wird durch vorheriges anpassen der Platten die Operationsdauer verringert und das postoperative Ergebnis verbessert. (23)

Im Bereich der periorbitalen und nasoethmoidalen Regionen können die 3D-Modelle nicht genau nachgebildet werden, weshalb man die Modelle in diesem Bereichen nur eingeschränkt nützen kann. (34)

Bildgestützte Chirurgie:

Bei schweren Traumen des Gesichtsschädels, kann es vorkommen, dass Knochenteile verschoben werden oder sogar fehlen. Diese Tatsache macht es schwer, das Skelett wieder komplett herzustellen. Deshalb sind eine präoperative 3D-Darstellung einer CT beziehungsweise auch perioperative visuelle Darstellungen unerlässlich.

Mithilfe der bildgestützten Chirurgie ist es möglich, sich gezielt zu orientieren während die Fixationen durchgeführt werden. Das Werkzeug wird mithilfe von Infrarot oder elektromagnetischen Systemen geortet. (35)

Das Prinzip beruht darauf, dass man die anatomischen Strukturen des Patienten und das Operationsbesteck am Computer überlagert. Ermöglicht wird das, indem die präoperativen virtuellen CT- oder MRT-Daten mit dem physischen Gebiet während der Operation übereinstimmen. Dadurch wird die korrekte Lokalisation der Instrumente gewährleistet.

Um das Operationsbesteck zu orten, verwendet man anatomische Passermarken oder äußerliche Marker wie zum Beispiel auf der Haut fixierte Passermarken, Kopfrahmen oder auf dem Knochen fixierte Marker.

Der große Vorteil, den diese Entwicklung bietet, liegt darin, dass man anatomische Strukturen (zum Beispiel Sinus, Auge) gezielt orten kann, um diese nicht zu verletzen. ChirurgInnen müssen gut im Umgang mit dieser Operationsmethode ausgebildet werden, um Komplikationen möglichst zu vermeiden. (23)

Endoskopisch-assistierte Chirurgie:

Durch die immer kleiner werdenden Geräte fand auch das Endoskop Einzug in die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Anfänglich wurde diese Methode bei entzündlichen Erkrankungen im Bereich des Sinus angewandt, später wurde sie auch in der Traumatologie probiert.

In der heutigen Zeit kann diese Technik bei Frakturen des Sinus Frontalis, des Arcus des Os Zygomaticum, des Orbitabodens und der Mandibulacondylen angewandt werden. (36)

Die minimalinvasive Technik erlaubt es, nervenschonender zu arbeiten und die postoperative Narbe zu verkleinern, da man kleinere Zugangswege benötigt. (23)
Des Weiteren wird das Gewebe mehr geschont und Komplikationen werden reduziert. (37)

2 Material und Methoden

Diese Diplomarbeit stellt eine Literaturrecherche dar.

Nach der Themenfindung wurde mit der Literatursuche begonnen. Als Quellen wurden Fachartikel aus PubMed, Fachbücher aus der Bibliothek der Medizinischen Universität Graz, die Homepage der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen und weitere medizinische Internetseiten herangezogen. Bei den Artikeln wurden auch die Urquellen aufgesucht. Fast alle der hier verwendeten Artikel waren als Volltext vorhanden. Von den ca. 200 gelesenen Quellen wurden 97 für diese Diplomarbeit verwendet. Diese 97 Texte teilen sich folgendermaßen auf: 52 Artikel aus Fachzeitschriften (blau), 16 Fachbücher (rot), 24 Internetseiten (grün) und 5 Dissertationen (lila).

Die Sprache dieser Quellen waren Deutsch und Englisch. Bei der Suche häufig verwendete Stichworte waren: maxillofacial, trauma, osteosynthesis, fractures, treatment, screw, miniplate, microplate, plate.

Als Zitierprogramm wurde Zotero herangezogen.

Wenn die Quelle wechselt, aus welcher der Text stammt, wird dies durch ein Zitat vermerkt.

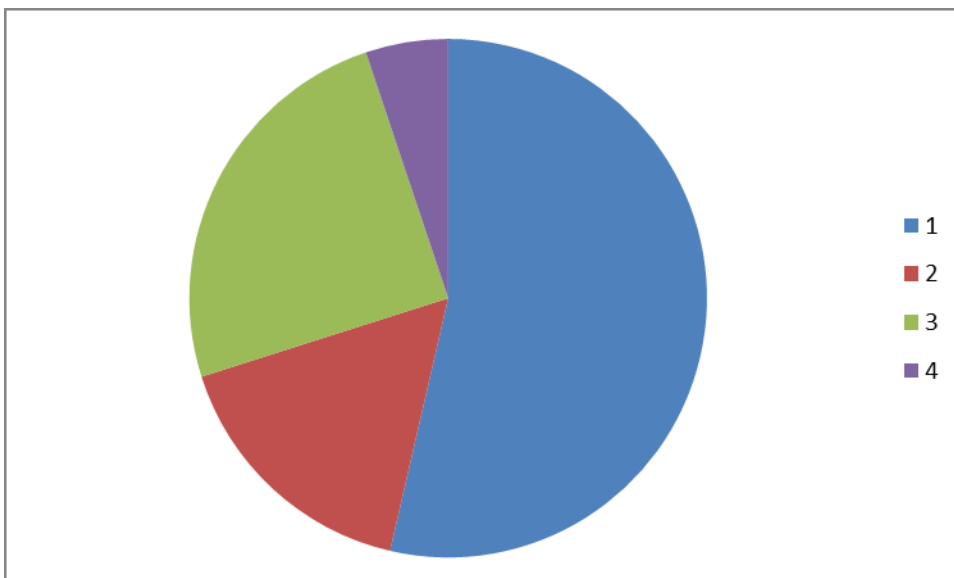


Abbildung 7: Verteilung von Quellen (Fachzeitschriftenartikel: blau, Fachbücher: rot, Internetseiten: grün, Dissertationen: lila)

3 Spezieller Teil

3.1 Therapiekonzepte im geschichtlichen Überblick

Verletzungen im Gesichtsbereich werden schon seit vielen Jahrtausenden behandelt. Aufgrund von Kriegen gab es in früheren Zeiten viele Verletzte mit denen sich ÄrztInnen beschäftigen mussten.

Bereits 5000 v.Chr. befassten sich die Sumerer mit Frakturen. Dies wurde auf Tontafeln in Keilschrift niedergeschrieben. Darauf liest man, dass man ÄrztInnen, wenn sie einen Bruch heilen, entlohnen soll. Sollten aber PatientInnen bei einem Eingriff ums Leben kommen, so sind den ÄrztInnen die Hände abzuhacken.

Professor Breasted übersetzte den Papyrus Edwin Smith, welcher 1600 v.Chr., vermutlich von einem Militärarzt verfasst wurde. Darin werden die Behandlungen von verschiedenen Verletzungen beschrieben, unter anderem auch die Therapie einer dislozierten Mandibula. Einfache Kieferfrakturen wurden mit Bandagen behandelt. Diese wurden zuvor in Honig und Eiweiß eingetaucht. (38)

Um 400 v.Chr. war Hippokrates als Arzt tätig. Seine Methode bei einer Mandibulaluxation glich jenen der Ägypter, jedoch ergänzte er die Behandlung mit einer Golddrahtgatur. Diese wurde verwendet, um gelockerte Zähne mit den benachbarten festen Zähnen zu stabilisieren. (39)

Im Mittelalter wurden kaum nennenswerte Fortschritte erreicht, sondern man verwendete hauptsächlich die Methoden nach Hippokrates.

Im in Italien 1275 veröffentlichten Buch „Praxeos Totius Medicinae“ ging man auf Frakturen der Mandibula ein. Auch hier hatte Hippokrates wieder großen Einfluss.

Eine 1492 in Lyon gedruckte Schrift beschreibt, dass man die Zähne des verletzten Unterkiefers mit Zähnen des Oberkiefers verbinden soll. Dadurch wird die lockere, frakturierte Mandibula mit der festen Maxilla verbunden um für mehr Stabilität zu sorgen indem der Unterkiefer immobilisiert wird. Leider setzte sich diese Art der Behandlung nicht durch, und wurde erst 1886 wieder aufgegriffen. (38)

Bunon schaffte es Mitte des 18. Jahrhunderts mithilfe von einer Elfenbeinschiene, welche an den Unterkieferzähnen mit Fäden befestigt wurden, die Stabilität zu erhöhen und somit das Problem in Bezug auf die Immobilisation zu verbessern.

(40)

Ende des 18. Jahrhunderts wurde von Chopart und Desault eine Vorrichtung konzipiert, mit der man den Unterkiefer mithilfe einer Metallplatte schienen konnte. Die Schiene wurde durch eine Schraubklemme am Unterkiefer fixiert. Ein Nachteil dieser Methode war, dass nach kurzer Zeit Druckstellen auftraten. Somit konnte diese Schienung nicht lange an PatientInnen belassen werden. Daraufhin wurden Modifikationen vorgenommen und die Schiene mithilfe von Bändern an einer Kopfkappe festgemacht. (39)

Anfang des 19. Jahrhunderts entwickelte von Graefe die erste externe Aufhängevorrichtung für Oberkieferfrakturen. Dabei wurden die Oberkieferknochen mit großer Kraft aneinander gedrückt und stabilisiert. (38)

Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte Morel-Lavallee eine konservative Heilungsmethode für Unterkieferfrakturen. Nach der Reposition der Frakturstücke, wurden die Zahnreihen mit Drahtschlingen fixiert und mit Guttapercha umfasst. Des Weiteren entwarf er ein Konstrukt, welches mithilfe einer Feder am Kinn befestigt wurde. Dazwischen befand sich noch eine Auflageplatte. (41)

Gunning und Bean etablierten Kautschuk in der Kieferheilkunde. Gunning reponierte zuerst die Bruchstücke mit Seidenligatur und fertigte anschließend vom Unterkiefer und Oberkiefer eine Kautschukschiene an. Mithilfe von Schrauben wurden an den Molaren die Vorrichtungen verankert. Gunning war einer derjenigen, die erkannten, dass nach Traumata der Muskelzug während Bewegungen für die Formveränderung des Kieferkörpers verantwortlich ist und weniger das Trauma selbst. Eine modifizierte Variante des Gunning-Splints findet auch heute noch Anwendung in der Traumatologie.

Bei der Version von Bean wurden Gipsausgüsse des Kiefers angefertigt. Danach wurde die Kieferposition angepasst und mithilfe von Oberkieferplatten und Unterkieferplatten geschient und reponiert. Anschließend kommt für die Fixierung ein Hinterhaupt-Stirnverband und eine Kinnschleuder zur Anwendung. (39)

Carl Hansemann gilt als Begründer der Plattenosteosynthese. 1886 stellte er seine Erkenntnisse auf dem chirurgischen Kongress vor. Bei seinen behandelten Brüchen waren auch 2 Unterkieferfrakturen dabei. (42) Die Behandlung der

Frakturen erfolgte, indem er die Bruchstelle freigelegt und mit einer Metallplatte überbrückt hat. Anschließend wurde die Platte mit perkutanen Schrauben an den Knochenstücken fixiert. (43)

Im Jahre 1887 wurde die intermaxilläre Fixation von Gilmer wieder aufgegriffen.(38) Nachdem eine doppelte Fraktur zuerst einseitig mithilfe von Drahtosteosynthese versorgt wurde, wurden die verbleibenden Zähne im Unterkiefer und Oberkiefer mit Eisendraht umschlungen. Die Drahtenden wurden miteinander verdrillt und anschließend wurde darauf geachtet, dass Oberkiefer und Unterkiefer in korrekter Position zueinander stehen. Wenn dies gewährleistet war, wurden die unteren und oberen Drähte zusammengedreht und so die beiden Kiefer miteinander verbunden. (39,41)

Die Plattenosteosynthese mit Schrauben, die subkutan liegen, wurde 1893 erstmalig von Halsted angewandt. Somit war diese eine Weiterentwicklung von Hansemanns Methode. Durch die hohe Komplikationsrate aufgrund von schlechten Materialien, welche für Korrosionen anfällig waren, mit der Folge von Osteomyelitis und Weichteilveränderungen, setzte sich diese Methode erst Jahrzehnte später durch. Aufgrund der Nebenwirkungen war der Leitsatz, dass man nicht zu viel Metall mit dem Knochen in Verbindung bringen soll. Dies wiederum führte dazu, dass die Implantate aufgrund ihrer zu geringen Größe den mechanischen Anforderungen nicht gerecht werden konnten. Somit folgte neben der Osteomyelitis auch eine teils tödliche Instabilität der Bruchspalte. Die Komplikationen wurden auch dadurch begünstigt, dass während den Bohrungen im Knochen dieser nicht mit Wasser gekühlt wurde. Deshalb hatten die Schrauben oftmals zu wenig Stabilität. (42)

Anfang des 20. Jahrhunderts erlangte man ein größeres Verständnis in Bezug auf Mittelgesichtsfrakturen und die Muster des Frakturverlaufs. Rene le Fort untersuchte Tierkadaver, nachdem er diesen Traumata mit verschiedener Intensität an verschiedenen Stellen zugefügt hatte. Dabei kam er auf die noch bis heute gültige Unterteilung in drei Schweregrade (Le Fort I-III).

Mit der fortschreitenden Entwicklung im Bereich der Anästhesie und der Entdeckung der Röntgenstrahlung 1898 eröffneten sich den Chirurgen ganz neue Möglichkeiten. Von nun an konnte man die Resultate der Eingriffe und die Genauigkeit verbessern. Knochentransplantationen mit Gewebe hatten in Anbetracht der fehlenden Antibiotika und Chemotherapie relativ gute Prognosen.

Mit Beginn des 2. Weltkrieges ergab sich eine vermehrte Zusammenarbeit zwischen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen, Augenärzten, Anästhesisten, Plastischen Chirurgen und Neurochirurgen. In dieser Zeit wurden auch viele Fortschritte im Bereich der Traumatologie erreicht, indem die intraoralen und extraoralen Fixationen weiterentwickelt wurden. Die größte Errungenschaft in dieser Zeit war die Verriegelungsplatte.

1942 stellte Adams die interne Fixation mithilfe von subkutanen Aufhängedrähten vor, mit derer man sowohl die Maxilla als auch die Mandibula behandeln kann. Durch die immer besser werdende Anästhesie, Radiologie und die Entwicklung von Breitbandantibiotika konnten die Eingriffe immer komplexer werden. Interne skelettale Aufhängemethoden erlangten immer mehr Popularität und transossäre Drähte wurden präziser angewandt.(38)

1949 veröffentlichte Robert Denis die Anwendung bei der axialen Kompression im Bereich der Fragmentenden. Jedoch wurde diese Methode erst nach über einem Jahrzehnt in der Klinik angewandt. Schweizer Forscher beseitigten zuerst operative Versorgungsprobleme. Anschließend führte die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) die axiale Kompression in den Klinikbetrieb ein. Anfänglich war diese Methode für den Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich nicht geeignet, da die Materialien zu groß waren. Deshalb publizierte Luhr im Jahre 1968 eine spezielle Kompressionsplatte. Diese Platte hatte exzentrische Löcher und die dazu passenden Schrauben einen konischen Kopf. Mit diesem System wurde weltweit erstmalig 1967 in der maxillofazialen Chirurgie eine Fraktur im Bereich des Unterkiefers mit einer Kompressionsosteosynthese versorgt. Die Idee der Mandibulakompressionsschraubplatte ist heute noch gültig. Gravierendere Komplikationen in Form von Osteomyelitis sowie Pseudoarthrose traten bei Kompressionsosteosynthese bei nur 0,8% auf. Studien in Bezug auf Komplikationen wurden 1985 von Luhr Hans-Georg et. al (42) und 1996 von Reiner et. al. und Hausmann und Luhr Hans-Georg durchgeführt.(44). Der wichtigste Vorteil für PatientInnen bei einer Therapie mit Kompressionsplatten besteht darin, dass man während der Knochenheilung weiche Kost zu sich nehmen und sprechen kann. Dies wird durch die intermaxilläre Fixation nicht ermöglicht.

1969 wurde von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen die dynamische Kompressionsplatte vorgestellt und im Jahre 1971 durch den

Chirurgen Spiessl in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie eingeführt. Weitere Entwicklungen erfolgten 1972 und 1973 durch Niederdellmann und Schilli sowie Machtens und Becker. Bis auf kleine Details, die in den Jahren danach noch verbessert wurden, war die Entwicklung der Kompressionsplatten somit abgeschlossen. Nachdem 1971 über die Verwendung von Vitalliumminiplatten berichtet wurde, griffen Lodde und Champy dieses Thema auf. Es folgten Studien im Bereich der Biomechanik, aus welchen sich die Miniplattenosteosynthese entwickelte. (42)

3.2 Materialien

Eigenschaften:

Um für den klinischen Gebrauch tauglich zu sein, stellt man spezielle Anforderungen an das Material. Je nach Frakturlokalisierung und Frakturtyp ändert sich die mechanische Anforderung. Der Preis sollte niedrig und die Anwendung einfach sein. Außerdem sollte es sich komplett resorbieren, keine unerwünschten Gewebereaktionen hervorrufen und radiologische und diagnostische Untersuchungen nicht beeinflussen.

Heutzutage werden primär Titan-Materialien für die Osteosynthese verwendet. Obwohl diese Produkte viele Vorteile haben, gibt es auch Nachteile. Unter der Haut sind die Implantate oft spürbar, es besteht eventuell die Möglichkeit für Mutationen, bei radiologischen Untersuchungen erzeugen sie Artefakte, können die Bewegungen einschränken und das Wachstum bei Kindern stören. Des Weiteren werden bis zu 40% der Implantate nach erfolgreicher Genesung wieder entfernt. Dadurch können Risiken und unerwünschten Effekte einer Operation entstehen wie Narkosezwischenfälle, Blutungen, Operationszeit und auch Kosten. Als Alternative würden sich hier resorbierbare Materialien anbieten.

Die Wahl des Materials hängt stark davon ab, welche Funktion man erreichen will. Bei der Mehrheit der heute im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich behandelten

Frakturen kommen Metalle zur Anwendung. Nur diese erreichen die mechanischen und biologischen Eigenschaften wie Steifheit, Biogamkeit, Härte, Biokompatibilität und Korrosionsbeständigkeit, die oftmals nötig ist. Sofern die frakturierten Knochen geringer Belastung ausgesetzt sind, können auch unter gewissen Umständen biologische Materialien zum Einsatz kommen.

Früher kam rostfreier Stahl und Vitallium zur Anwendung (2), jedoch hat sich in den letzten Jahren Titan durchgesetzt (45).

Steifheit ist bei Knochenheilung essentiell, um ein Verschieben der Knochen zu verhindern und eine ordentliche Heilung zu fördern. Obwohl rostfreier Stahl höhere statische Belastungen aushält, wird Titan aus mehreren Gründen vorgezogen.

Titan ist biegsamer und hat einen geringeren Verschleiß. In Bezug auf die Korrosion und das Gewicht hat Titan auch die besseren Eigenschaften. (2) Titan erweist sich auch in Bezug auf Störungen bei MRT-Untersuchungen(45) (bis zu 40% weniger) als vorteilhaft. Aus diesen Gründen hat Titan den rostfreien Stahl während der letzten 20 Jahre aus der Kieferchirurgie verdrängt.

Beide Materialien sind nicht magnetisch und somit muss man keine Bedenken in Bezug auf magnetresonanztomographische Untersuchungen haben.

Zusammensetzung:

Titan weist einen nur sehr geringen Anteil (0,02%) an Nickel auf, im Vergleich zu Stahl (14,5%). Durch diese Tatsache wird die Wahrscheinlichkeit für allergische Reaktionen auf Metall mit der Verwendung von Titan verhindert. Titan hat auch eine Oxidschicht, welche sich, wenn mikroskopische Schäden während der Anpassung an den Patienten auftreten, sofort neu bildet.

Gewebeverträglichkeit:

Unabhängig von der Form des Implantates (Draht, Schraube, Platte, Nagel), wird dieses nach wenigen Sekunden von Proteinen aus dem Körper überzogen. Kurze Zeit später bilden Thrombozyten eine Granulationsschicht. Des Weiteren siedeln sich Leukozyten an, um Entzündungen zu verhindern und Zytokine sowie Growth-Faktor werden freigesetzt um die Wundheilung einzuleiten. Durch diese Vorgänge bildet sich ein Hämatom.

Während die Zellmigration auf das Implantat beginnt, reduziert sich gleichzeitig auch das Hämatom. Zu diesem Zeitpunkt ist es wichtig, dass Fibrin auf dem Implantat hält und eine Zellmigration auf der Oberfläche ermöglicht wird.

Auf die Zellmigration folgt die Knochenauflagerung oder Gewebeauflagerung, abhängig von der Seite des Implantats. Die Oberflächenbeschaffenheit der Implantate wird durch die Oxide bestimmt und ist somit maßgeblich am Heilungsverlauf beteiligt.

Je nachdem, ob die Implantate in PatientInnen bleiben oder wieder entfernt werden müssen, gibt es unterschiedliche Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit. Bei dauerhaften Implantaten ist eine gute Integration ins Gewebe wünschenswert. Wenn die Implantate wieder entfernt werden, sollten sie nicht so gut einwachsen, da es bei der Entnahme Schwierigkeiten geben kann.
(2)

3.3 Biologische Osteosynthesematerialien

Geschichtlicher Überblick:

1962 wurde der erste resorbierbare Faden entwickelt. Breite Anwendung fand dieses Produkt ab 1970. Seit 1966 werden auch resorbierbare Osteosynthesematerialien erforscht und auf den Markt gebracht. In dieser Zeit wurden Publikationen über die Anwendung von Polylactid (PLLA)-Membranen und Schichten bei Tieren veröffentlicht. Diese Materialien lösten sich nach 6 Wochen auf und verursachten eine geringgradige Entzündung. Deshalb wurden die Implantate mit einer Fibrin-Schicht umgeben.

Trotz guter Ergebnisse fanden diese Produkte noch keine klinische Anwendung, da sie zu instabil und groß waren. Klinische Versuche wurden erstmals in den 80er Jahren gestartet.

Erste Anwendungen fanden diese Materialien in Finnland bei Erwachsenen und Kindern. (2)

Bos et al behandelten Zygomaticomaxilläre Frakturen mit PLLA-Blatten und Schrauben.(46) Bei anfänglich positiven Resultaten traten bei den PatientInnen nach 3 Jahren Nebenwirkungen in Form von Schwellungen auf.

1985 wurde ein Material mit Selbstverstärkung entworfen. Auf diesem Gebiet wurden anschließend intensive Forschungen betrieben um selbstverstärkende PLLA Osteosynthesematerialien zu entwickeln.

Bei guten anfänglichen Resultaten traten nach einer gewissen Zeit wieder Schwellungen auf. Dies leitete man davon ab, dass dieselben Kristalle während des Abbaus entstanden wie bei den ursprünglichen PLLA-Materialien.

In den letzten Jahren wurde weiter an resorbierbaren Materialien geforscht, jedoch basieren noch alle auf PLLA. Es wurden aber jeweils diverse andere Stoffe wie Polyglycolsäure oder D-Lactide zugefügt. Durch Ergänzungen erfolgt der Abbau schneller, die Reinform bietet aber die größere Stabilität. (2)

Buijs et al durchsuchten die Fachliteratur nach Studien bezüglich resorbierbarer Materialien. Ihre Erkenntnis war aber, dass man die Langzeitfolgen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genau vorhersagen kann. Gewisse Studien belegen, dass zumindest kurzfristig gesehen, Titan und abbaubare Materialien bei gewissen Indikationen gleichwertig sind.(47,48) Jedoch wurde bei diesen Studien keine Kontrollgruppe mit Titan-Implantaten gemacht.

In der heutigen Zeit sind mehr als 10 biologische Osteosynthese-Systeme verfügbar, die aber alle auf PLLA basieren. Trotz gewisser Vorteile, haben sie Titan noch nicht vom Markt verdrängt, sondern werden in geringer Zahl verwendet. Die mechanischen Eigenschaften kommen an Titan noch nicht heran Deshalb werden sie bevorzugt im Mittelgesicht und Kranium angewandt.

Aufgrund der planbaren und einfachen Frakturen bei orthognather und kraniofazialer Chirurgie kommen diese Systeme in diesem Bereich bei Erwachsenen (2) und Kindern (49) eher zum Einsatz als in der Traumatologie. Resorbierbare Materialien werden aber noch zurückhaltend verwendet, da zum jetzigen Stand zu wenig Erfahrungswerte vorhanden sind.(2)

Polymere

Bei Polymeren muss man zwischen den natürlich vorkommenden (zum Beispiel Zellulose, Baumwolle), und den synthetisch hergestellten (zum Beispiel Polyethylen, Polyester) unterscheiden. Synthetische Polymere sind prinzipiell

stabil, nicht zu teuer in der Produktion und haben relativ gute mechanische Eigenschaften. Für die Osteosynthese werden unter anderem gewisse Polyester, Polyglykoside oder Polyglycolsäuren verwendet.(2)

3.4 Aktuelle Therapiekonzepte

Bei der Frakturbehandlung unterscheidet man zwischen konservativen und operativen Methoden. Im Folgenden wird auf die Methoden eingegangen, die sich aktuell als am vielversprechendsten erweisen beziehungsweise im Klinikbetrieb Anwendung finden. Einige Methoden bestehen schon seit längerem, wurden aber im Laufe der Zeit adaptiert und verbessert. Das Ziel einer jeden Behandlung ist zuerst die Reposition, mit anschließender Fixation der Fraktur um dann eine korrekte Knochenheilung zu ermöglichen.

3.4.1 Konservative Methoden

Konservative Methoden alleine finden Anwendung, wenn bei der Fraktur keine wesentliche Dislokation vorliegt, oder der Gesundheitszustand der PatientInnen keine Allgemeinanästhesie zulässt.

Die Knochenstücke werden, soweit notwendig, geschlossen reponiert. Dies erfolgt unter Zuhilfenahme von speziell dafür konzipierten Instrumenten oder mit der Hand.

Bei konservativen Methoden lassen sich direkte und indirekte Schienenverbände unterscheiden, sowie die intermaxilläre Fixation.

- Direkte Schienen

Direkte Schienen werden bei PatientInnen im Mund angefertigt und finden bei der Frakturbehandlung meist nur provisorische Anwendung. Zu ihnen gehören die Ligatur nach Ernst, Ligatur nach Ivy-Stout und die Schuchardt-Schiene. (45)

→Ligatur nach Ernst:

Indiziert ist diese Ligatur um die Zeit bis zur Operation zu überbrücken oder intraoperativ um die Knochen in Position zu halten, bis sie mit einer Platte oder Schraube fixiert werden.

Kontraindikationen bilden instabile Frakturen, segmentale Frakturen und jene weiteren komplexen Frakturen, wo eine ausreichende Stabilität von Nöten ist. Diese kann nämlich von Ernst-Ligaturen nicht gewährleistet werden.

Wenn man sich für diese Ligatur entscheidet, gibt es einige Punkte, die zu beachten sind.

Um eine korrekte Immobilisation zu erreichen, müssen die Ligaturen im Oberkiefer und Unterkiefer in korrekter symmetrischer und gegenteiliger Position liegen.

Lockere Zähne sollten nicht umschlungen werden, da diese drohen auszufallen bzw. für nicht ausreichend Stabilität sorgen. Bei infektiösen PatientInnen muss vorsichtig gearbeitet werden, da der Draht die Haut durchdringen kann und somit den Eintritt von Keimen ermöglicht.

Man platziert die Ligatur zwischen zwei benachbarten Zähnen des gleichen Segments im gleichen Kiefer. (50) Der hierfür verwendete Draht sollte nicht rosten und weich sein. Diesen wickelt man achterförmig um die benachbarten Zähne. (45) Sofern die Möglichkeit besteht, werden die Prämolaren in Maxilla und Mandibula bevorzugt. Die Ligaturen im Oberkiefer und Unterkiefer werden dann miteinander verbunden. (50)

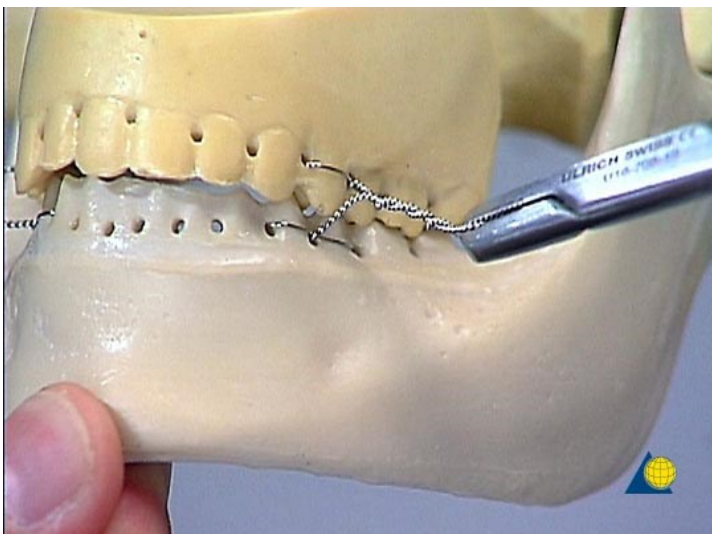


Abbildung 8: Mandibulomaxilläre Fixation mit Ernst-Ligaturen (51)

→ Ligatur nach Ivy-Stout (Ösenschlaufendrahtligaturen, Ivy-Loop):

Bei der Fixierung nach Ivy-Stout besteht im Vergleich zur Ligatur nach Ernst dahingehend ein Unterschied, dass mehrere Zähne durchgehend legiert werden. Ein Vorteil ergibt sich daraus, dass einzelne Drahtstücke, wenn nötig, entfernt werden können, ohne die Fixation maßgeblich zu beeinträchtigen. (52)

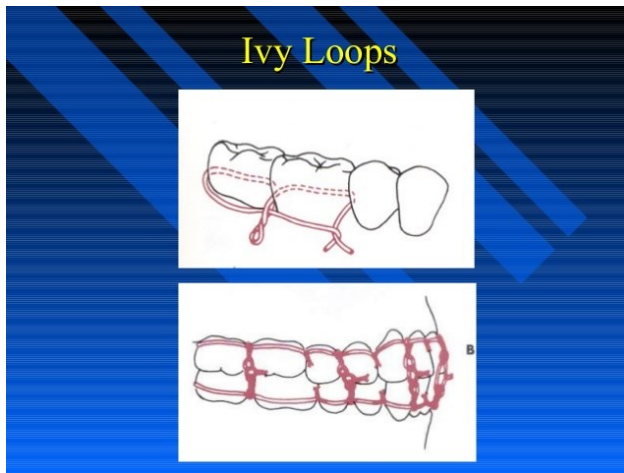


Abbildung 9: Schematische Darstellung von Ivy-Loops (53)

→Schuchardt-Schiene (Drahtbogenkunststoffschiene):

Ivy-Loop und Ligatur nach Ernst finden häufig notfallmäßig Anwendung. Im Gegensatz dazu wird die Schuchardt-Schiene bei der konservativen Frakturheilung angewendet. (45)

Ursprünglich wurde die Schiene im Mund angefertigt, kann aber auch mit Hilfe von einem Kiefermodell hergestellt werden. Nachdem der Draht an die Zähne angepasst wurde, wird er mithilfe von Autopolymerisat befestigt. Zu den Vorteilen dieser Methode zählen der Preis, die einfache Anfertigung, sowie die gute Kontrolle der Okklusion. In ihrer jetzigen Form ist sie ein wichtiger Bestandteil bei der Behandlung von komplizierten Brüchen. (39)



Abbildung 10: Schuchardt-Schiene mit mandibulomaxillärer Fixation(54)

- Indirekte Schienen:

Indirekte Schienen werden im zahntechnischen Labor angefertigt. Aufgrund der Passgenauigkeit wird das Parodont weniger geschädigt als bei direkten Schienen. (45) Zu den Indirekten Schienen zählen die Kappenschienen, die Indirekte Drahtbogen-Kunststoff-Schiene (Modell Münster), die Prothesen- und Gunning-Schienen. (55)

→Kappenschienen:

Indikationen sind Alveolarfortsatzfrakturen, Zahnluxationen und Frakturen bei Kindern, wenn es nicht möglich ist, andere Schienen zu legieren.

Die Anfertigung erfolgt im Labor aus Kunststoff. Mini-Plast-Schienen bilden eine einfache Form, robustere Modelle werden durch Heißpolymerisation oder Kaltpolymerisation angefertigt. Die Fixation erfolgt durch die koronare Umschließung der Zähne. Befestigt wird die Schiene durch Eingliederung, Einzementierung oder durch Drähte bzw. Osteosyntheseschrauben. (55)

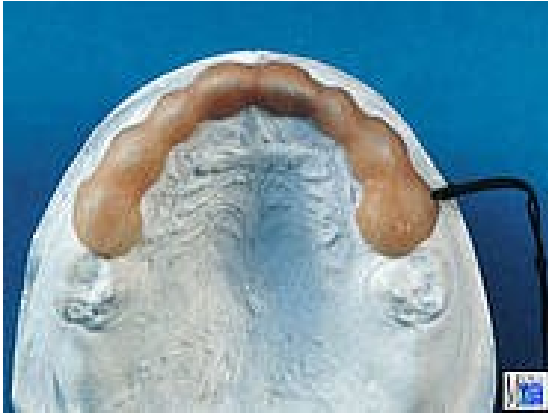


Abbildung 11: Kappenschiene aus Kunststoff (54)

→Indirekte Drahtbogen-Kunststoff-Schiene (Modell Münster):

Diese Schiene stellt eine Modifikation der Schuchardt-Schiene dar. Vorteilhaft erweist sich diese Variante dadurch, dass sie einfach und schnell gehandhabt werden kann, an den Zahnbogen genau angepasst wird, die Gingiva schont und komplikationslos entfernt werden kann. (56) Diese Schiene wird im Labor hergestellt, nachdem beim Patienten ein Abdruck angefertigt worden ist. Indikationen sind ident mit jenen der Schuchardt-Schiene. (55)

→Prothesen- und Gunning-Schienen:

Prinzipiell wird bei teil- beziehungsweise unbezahnten Personen eine offene chirurgische Operation bevorzugt. Aus diesem Grund sind diese Schienen nicht mehr häufig anzutreffen. Durch eine Prothesenschiene kann der Kiefer immobilisiert werden. Eine bereits vorhandene Prothese der PatientInnen kann im Unterkiefer mithilfe von Drahtumschlingungen fixiert werden. Am Oberkiefer erfolgt die Fixation durch Osteosyntheseschrauben oder kraniofazialen Drähten. Alternativ bietet sich auch die Gunning-Schiene an. Diese kann entweder in geteilter Form oder als Monoblock verwendet werden. (55)

- IMF-Schrauben und IMF-Fixierung:

IMF-Schrauben bestehen aus rostfreiem Stahl und sind selbstschneidend und selbstbohrend. (2) Um mit IMF-Schrauben zu arbeiten ist es nötig, dass das Gebiss eine stabile Okklusion aufweist, wenn die Drähte um die Schrauben gewickelt und fixiert werden.(57) Bei der Anwendung muss darauf geachtet werden, dass der Schraubenkopf das Zahnfleisch nicht schädigt. Limitationen für die Positionierung entstehen durch die Alveolarnerven (2) und die Zahnwurzeln, welche geschädigt werden können (2,57–59). Als Problem kann sich erweisen, dass aufgrund des großen Abstandes der Schrauben nicht genügend Stabilität gegeben ist, da sie mit nicht rigidem Draht verbunden werden. Wenn die Drähte bei den Vorderzähnen zu fest gezogen werden, besteht die Gefahr, dass im hinteren Teil des Kiefers ein offener Biss entsteht. Dem wirkt man mit Ernst Ligaturen oder IMF-Schrauben im hinteren Teil des Gebisses entgegen. (2) Je nach Ausprägung des Bruches soll die Retention bis zu 6 Wochen belassen werden. Des Weiteren müssen die PatientInnen jederzeit eine Drahtschere mit sich führen und das nähere Umfeld über die Verwendung der Schere informiert werden, um in Notsituationen den Mund öffnen zu können. Der Heilungsverlauf gehört regelmäßig kontrolliert, um gegebenenfalls eine Fehlstellung schnellstmöglich ausgleichen zu können. Nahrungsaufnahme erfolgt in dieser Zeit primär nur flüssig und die Personen müssen aufgeklärt werden, dass ein Gewichtsverlust von 5kg normal ist.

Kontraindikationen sind bei PatientInnen gegeben, welche unzuverlässig sind, Anfallsleiden besitzen, ein Suchtproblem haben, Lungenerkrankungen mit starkem Auswurf beziehungsweise reduzierter Sauerstoffsättigung haben sowie psychisch krank sind. (6)

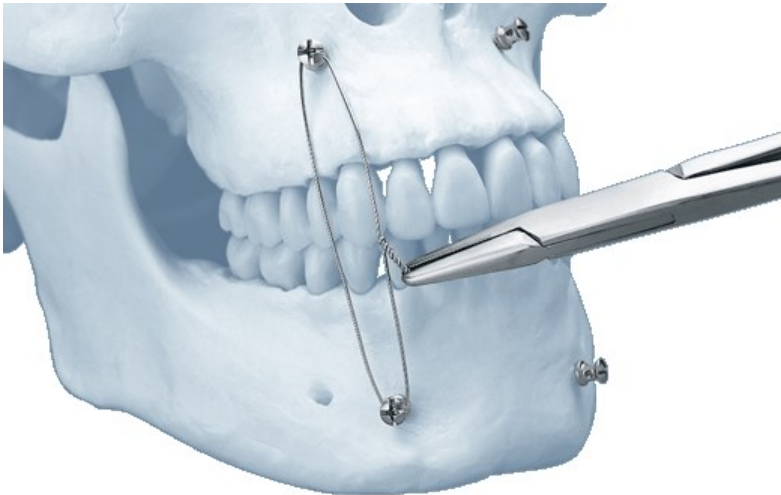


Abbildung 12: Intermaxilläre Fixation mit IMF-Schrauben(60)

Allgemein sind konservative und semikonservative Methoden in der heutigen Zeit für eine alleinige Frakturheilung wenig in Gebrauch. PatientInnen müssen aber über diese Möglichkeiten aufgeklärt werden. Bei Operationen werden diese Schienungsverfahren für die Okklusionseinstellung und Reposition unterstützend verwendet. (6)

3.4.2 Osteosynthese Methoden

- Fixateur externe:

In der Kieferchirurgie können externe Fixateure bei Frakturen der Mandibula verwendet werden. Prinzipiell besteht die Möglichkeit, dass diese Vorrichtungen auch alleine für die Knochenheilung eingesetzt werden, aber die stabilisierende Wirkung ist nachteilig gegenüber Platten. Üblicherweise sind externe Fixateure Möglichkeiten zur Überbrückung, bis eine Plattenosteosynthese erfolgt. Zuerst werden Metalldrähte an den Bruchstücken fixiert. (61) Diese werden anschließend, nachdem die korrekte Lage radiologisch überprüft worden ist, (6) mit dünnen Metallstangen verbunden. Da die Stangen erst nachträglich angebracht werden, können die Drähte individuell positioniert werden.

Nachteilig erweist sich der Fixateur externe aufgrund der Menge an Materialien, die für die Stabilisierung notwendig sind. Da die Lagekontrolle der Drähte oftmals nur radiologisch erfolgt, kann die Qualität der Reposition schlechter sein als bei chirurgischem Vorgehen.

Um die Stabilität der Konstruktion zu optimieren, müssen einige Punkte beachtet werden. Der Drahtdurchmesser sollte möglichst groß gewählt werden, sofern die Bruchstücke dies zulassen und in jedes Fragment sollten zumindest zwei Drähte eingebracht werden, die möglichst weit voneinander entfernt sein sollen. Die Drähte sollten auch so nahe wie möglich beim Frakturspalt liegen, aber nicht näher als 1 cm. Die Verbindungsstangen müssen so nahe wie möglich an der Haut liegen, um die Hebelwirkung gering zu halten. (61)

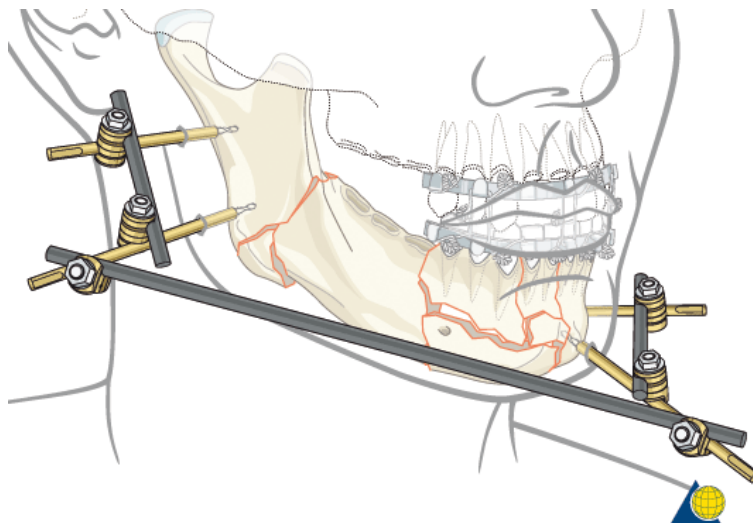


Abbildung 13: Fixateur externe (62)

- Perimandibuläre Drahtumschlingungen und kraniofaziale Aufhängungen:

Bevor die Platten und Schrauben vor ungefähr 40 Jahren in der Kieferchirurgie ihren Durchbruch hatten, fanden kraniofaziale Aufhängen im Mittelgesicht häufig ihre Anwendung. Mit den immer kleineren Platten in der Osteosynthese wurden sie aber zur Gänze abgelöst. (56)

Unter gewissen Gegebenheiten wie Milchgebiss, Wechselgebiss oder bei PatientInnen mit geringer beziehungsweise keiner Bezahnung ist der Halt von

intraoralen Schienenverbänden nicht immer ausreichend. Deshalb kann es von Nöten sein, dass eine zusätzliche Fixierung erfolgt. Im Oberkiefer kann diesem Problem mit diversen Drahtaufhängungen begegnet werden. Die Drähte müssen an Punkten fixiert werden, welche sich oberhalb der Fraktur befinden. Hierfür eignen sich unter anderem die Apertura Piriformis, der Jochbogen oder die Spina nasalis.

Im Unterkiefer finden perimandibuläre Drahtumschlingen (circumferential wiring) Anwendung.

Heutzutage werden diese Methoden selten angewendet. Indikationen ergeben sich aus einer Untauglichkeit für Vollnarkosen oder eine unzureichende medizinische Versorgung, wie es in manchen Entwicklungsländern der Fall ist. (63)

- Drahtosteosynthese

Drahtosteosynthesen wurden in der Kieferchirurgie bereits im 19. Jahrhundert verwendet. Jedoch waren die Materialien und Indikationen oftmals unpassend, weswegen es zu vielen Nebenwirkungen kam. Aus diesem Grund verschwand die Methode wieder und wurde erst in den 50er Jahren erneut eingeführt. Die weichen Drähte haben eine Stärke von 0,3 – 0,6 mm. Anwendung kann diese Methode sowohl bei Mittelgesichtsfrakturen als auch bei Unterkieferfrakturen finden. Dabei werden die Bruchstücke aneinandergelagert und mit dem Draht fixiert. Wenn Kräfte auf den Bruchspalt wirken, wie es bei vielen Unterkieferfrakturen aber auch manchen Mittelgesichtsfrakturen der Fall ist, ist diese Osteosynthesemethode zu instabil. Aus diesem Grund wird diese Methode kaum mehr verwendet. Wie auch die kraniofaziale Aufhängung wurde die Drahtosteosynthese durch Platten und Schrauben ersetzt. Angewendet wird dieses Osteosyntheseverfahren noch in weniger entwickelten Ländern aufgrund der geringen Kosten und als IMF, bis die Platten/ Schrauben angebracht sind. (56)

- Dynamische Kompressionsplatte (DCP):

Die dynamische Kompressionsplatte ist eine Weiterentwicklung der normalen Rundlochplatte. Neben den üblichen Möglichkeiten, die eine Platte bietet, hat man mit dieser Art von Platte weitere Optionen. Die Fassung und Stabilität entsprechen

der einer gewöhnlichen AO-Platte. Die Dynamischen Kompressionsplatten unterscheiden sich in Breite und Länge, jedoch sind die Abstände der Bohrlöcher gleich groß, um ein Wechseln der Platten zu erlauben. Studien belegen, dass die DCP die gleiche beziehungsweise größere Stabilität zustande bringt, als eine konventionelle Rundlochplatte. Das Plattenloch ist so angefertigt, dass es keine unerwünschten Druckänderungen gibt, wenn die Schraube eingeführt wird. Die Kompression erreicht man unter Zuhilfenahme einer speziellen Bohrbüchse. Diese muss so ausgerichtet werden, dass die Schraube während der Bohrung in Richtung der Plattenlochkante wandert. (64) Dies geschieht durch das sphärische Gleitprinzip, welches zwischen Schraubenkopf und Schraubenloch stattfindet. (56) Die Struktur der Bohrlöcher ist bei den Platten ident gestaltet. (64) Sollte die Fraktur im Bereich der Zahnreihen sein, so ist neben der Platte auch noch eine Schienung von Nöten, wodurch eine Zuggurtung erreicht wird, um die entsprechenden Zugkräfte aufnehmen zu können. Um die Zugkräfte bei Frakturen außerhalb der Zahnreihe zu neutralisieren, muss eine Drahtnaht oder Osteosyntheseplatte, welche keine Druckwirkung im Alveolarfortsatz ausübt, angebracht werden.(56)

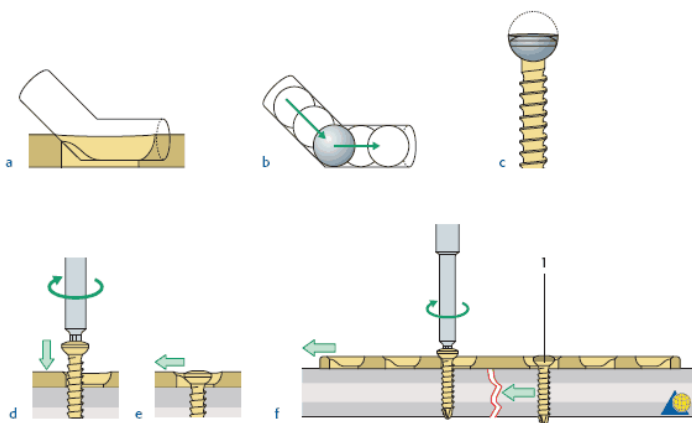


Abbildung 14: Funktionsprinzip der dynamischen Kompressionsplatte (65)

- Exzentrische Spanngleitlochplatte (EDCP):

Das Prinzip beruht darauf, dass die Kompressionslöcher in zwei verschiedene Ebenen ausgerichtet sind. (66) Mit dieser Platte wurde das Problem der Zuggurtung mit weiteren Platten oder Drähten behoben, da dieses Prinzip in der

Platte integriert ist. Im Bereich des Bruchspaltes befinden sich Löcher, welche einen Druck im Plattenbereich bewirken. Weiter entfernt vom Bruchspalt befinden sich Löcher, welche schräg stehen. Mithilfe dieser bewirkt man eine Druckwirkung, die sich auf den Alveolarfortsatz auswirkt. (56)

- Dynamische Kompressionsplatte mit begrenzter Kontaktfläche (LC-DCP):

Aufgrund der Plattenform wird die Kontaktfläche zwischen Knochen und Platte reduziert. Das führt zu einem geringeren Knochenverlust unterhalb der Platte. Erreicht wird dies, indem die Platte mit einer Nut versehen wird. (67)

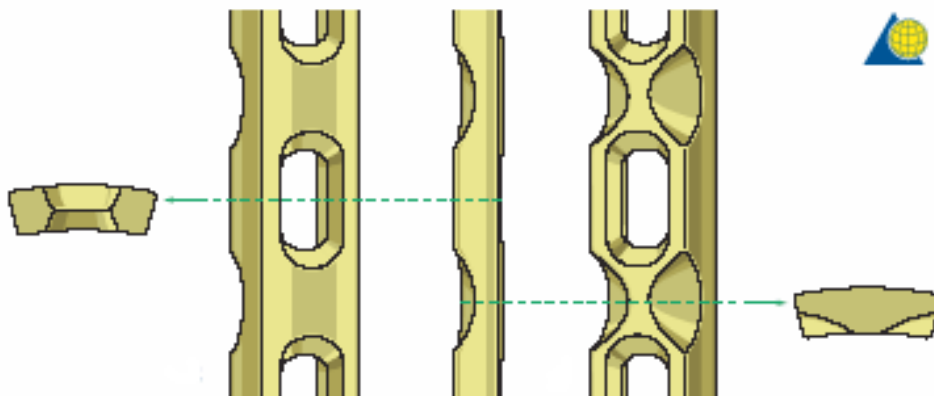


Abbildung 15: Verringerte Kontaktfläche von Platten mit Nuten (68)

- Winkelstabile Platten (Verriegelungsplatte):

Diese Platten weisen einige Vorteile gegenüber konventionellen Platten-/Schrauben- Systemen auf. Bei herkömmlichen Platten muss der Knochen fest gegen diese gepresst werden. Ist dies nicht der Fall, verschieben sich die Knochen und eine ordnungsgemäße Wundheilung ist erschwert beziehungsweise nicht möglich. Bei winkelstabilen Platten ist dieser enge Kontakt zum Knochen nicht von Nöten, da der Schraubenkopf und die Platte durch eigene Gewinde fest miteinander verbunden (verriegelt) werden und auch mehr Stabilität herrscht. Aufgrund dieser Methode kann die Platte leicht vom Knochen abgehoben sein, wodurch der kortikale Teil des Knochens nicht komprimiert und somit die

Blutversorgung nicht gestört wird. (69) Des Weiteren muss die Platte nicht genau an den Knochen angepasst werden und Defekte können gut überbrückt werden. Wirksamkeit hat diese Platte auch, wenn kleinere Frakturstücke vorliegen oder wenn nur wenig Schrauben gesetzt werden. (70) Durch die Steifheit zwischen Schraube und Platte sind Bewegungen in diesem Bereich sehr unwahrscheinlich. Da lockere Implantate Entzündungen und Infektionen fördern, kann man dieses Risiko der Nebenwirkungen mit winkelstabilen Platten reduzieren. (69)

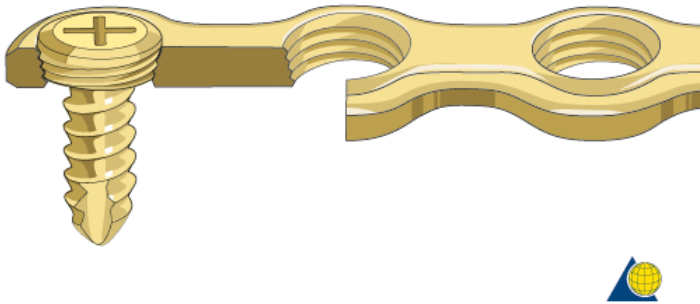


Abbildung 16: Winkelstabile Platte(71)

- Hamburger Plattenosteosynthese (Luhr-Platen):

Bei diesen Platten liegen sich zwei exzentrische Löcher gegenüber und außen befinden sich zwei runde Löcher. Bei der Verwendung dieser Platte muss der Bruchspalt zwischen den exzentrischen Löchern zu liegen kommen. Die Schrauben in den exzentrischen Löchern sorgen für eine horizontale Kompression. Die bruchspaltfernen Schrauben sind für die Stabilisation zuständig. Diese dürfen aber erst eingebracht werden, wenn die Kompressionsschrauben in ihrer endgültigen Position zu liegen kommen. Auch bei diesem System ist eine Zuggurtung nötig. Angewandt kann dieses System bei allen Unterkieferfrakturen werden. Als Vorteilhaft erweist sich, dass durch die Platte das System stabil ist und dadurch die Kieferfunktion schnell wieder hergestellt ist. Nachteile ergeben

sich durch die Stärke der Platte. Dadurch ist ein Anpassen an den Knochen nur schwer möglich. Sollte die Biegung der Platte fehlerhaft sein, kommt der Knochen in falscher Position zu liegen. (70)

- Osteo-Plattenosteosynthese:

Die Platten für diese Methode bestehen aus zwei verschiedenen Seiten. Auf der einen Seite befinden sich ein Kompressions- und ein Gleitloch. Die andere Seite hat 2 normale Rundlöcher. Varianten dieser Platten besitzen vier normale Rundlöcher, ein Gleitloch sowie zwei bis drei Kompressionslöcher. Für die Anwendung im Kieferwinkelbereich gibt es auch Winkelplatten. Die Schrauben werden in einer bestimmten Reihenfolge befestigt. Begonnen wird mit der neutralen Seite. Anschließend befestigt man die Schraube im Gleitloch. Diese wird aber erst angezogen, wenn die Kompressionsschraube die Fragmente unter Druck setzt. (72)

- Zugschraubenosteosynthese:

Das Prinzip beruht darauf, dass zwei aneinander liegende Knochenstücke mithilfe von Schrauben fixiert werden. Diese Schrauben bewirken an den Kontaktflächen einen Druck. (56) Erreicht wird dies, indem im schraubenkopffernen Knochenfragment Gewindelöcher und im schraubenkopfnahen Knochenfragment Gleitlöcher angefertigt werden. Das Festziehen der Schrauben hat zur Folge, dass die Knochen zusammen gepresst werden. (72) Anwendung findet diese Methode bevorzugt bei Kollumfrakturen, sofern diese tief bis mittelhoch sind. Des Weiteren werden Zugschrauben auch bei Kieferwinkelbrüchen sowie Paramedianfrakturen mit Erfolg eingesetzt. (56) Als vorteilhaft erweist sich, dass dieses System bei korrekter Anwendung stabil ist und dadurch eine baldige Funktion wieder hergestellt ist. Nachteile ergeben sich durch eine Fragmentdislokation, die während der Bohrung auftreten kann, sowie eine Nervenschädigung. Des Weiteren ist diese Methode heutzutage selten indiziert. (70)

- Miniplattenosteosynthese:

Der Begriff „Miniplatte“ ist ein übergeordneter Terminus. Unter diesen Begriff fallen all jene Platten, die eine dicke von maximal 1,3 mm aufweisen. Die Schrauben haben meist einen Durchmesser von 2mm. (73) Angebracht werden die Platten im Unterkiefer an der Zugseite im Bereich des Alveolarfortsatzes. (72) Stabilisiert werden die Knochenstücke durch die Muskulatur des Kiefers (Übungsstabilität). Deshalb verwendet man in diesem Fall monokortikale Schrauben, mit denen man lediglich eine Fixierung erreichen will. Mit diesen Schrauben besteht auch eine geringere Wahrscheinlichkeit, Nerven zu verletzen. Sollte die Bruchstelle Torsionskräften ausgesetzt sein, wird eine zweite Platte erforderlich. Aufgrund der geringen Größe und Dicke kann man sie leicht an den Knochen anpassen beziehungsweise meistens einen intraoralen Zugang wählen. Als nachteilig erweist sich, dass keine Funktionsstabilität gegeben ist. Dies macht bei komplexen Frakturen Probleme und führt auch zu einer höheren Infektionsanfälligkeit. (70) Sofern die Knochendicke ausreichend ist, werden Miniplatten auch im Mittelgesicht verwendet. Die funktionelle Stabilität wird somit an Orbitaländern, der Nasenwurzel, dem knöchernen Teil der Apertura piriformis sowie der Crista zygomaticoalveolaris erreicht. (74) Bei zu dünnen Knochen besteht die Gefahr einer Stressfraktur während man die Schraube anbringt. Im Bereich des Nervus infraorbitales sowie dem Foramen mentale ist Vorsicht geboten, um keine Strukturen zu verletzen.(75,76)

Obwohl Miniplatten deutlich kleiner sind als herkömmliche Platten, sind sie im Bereich der infraorbitatalen und nasalen Region sowie im Bereich des Sinus frontalis tastbar. Aufgrund der oberflächlichen Lage weisen manche PatientInnen auch eine thermische Überempfindlichkeit auf. Diese Gründe können eine Plattenentfernung indizieren.(75,77)



Abbildung 17: Verschiedene Miniplatten (78)

- 3D-Platten:

Der Unterschied bei dieser Art von Platten besteht hauptsächlich in deren Form, die ausschlaggebend für die Stabilität ist. Die Dicke beträgt 0,5 bis 1,3 mm. Das Prinzip beruht in der Annahme, dass in sich geschlossene Quadrate oder Rechtecke, kombiniert mit monokortikalen Schrauben, 3D-Stabilitäten in Grundform eines Quaders ergeben. Versuche in der Biomechanik belegen, dass aufgrund der dreidimensionalen Gitterstruktur die Stabilität deutlich erhöht wird. (56)

- Mikroplatten:

Die kleinere Variante der Miniplatten bilden die Mikroplatten. Die Notwendigkeit für diese Platten ergab sich daraus, dass Miniplatten zu groß für gewisse Regionen waren. (75,79) Auch diese Platten gibt es in diversen Formen, wie Gitterplatten und 3D-Platten. (56) Das Einsatzgebiet beschränkt sich primär auf die dünnen Knochen im Bereich der infraorbitalen und nasoethmoidalen Regionen, die Stirnhöhlevorderwand, bei kraniofazialen Eingriffen bei Säuglingen (80) sowie im Bereich des Alveolarfortsatzes. In diesen Bereichen wurde die Drahtnaht weitgehend abgelöst, da mit dem neuen System eine verbesserte Stabilität

erreicht wird. Die Dicke bei diesen Platten beträgt noch ca. 0,6 mm, der Gewindedurchmesser der dazugehörigen Schrauben bis 1,8 mm.(56)
Wie bei den anderen Systemen besteht auch hier die Gefahr, dass bei der Verwendung von Schrauben entweder diese selbst oder der Knochen bricht. (75,81) Sollten die Schrauben und somit auch die Platten nicht genug Halt haben, führt dies zu einer Dislokation der Knochenstücke. Dadurch kann eine anatomisch falsche Heilung entstehen. (75,82)

4 Diskussion

Die Behandlung von Frakturen im Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie-Bereich hat in den letzten Jahrzehnten einen enormen Wandel durchzogen. (37,83)

Der Grundstein für viele der heutigen Therapien wurde bereits Ende des 19. Jahrhunderts gelegt, als von Hansmann die ersten Berichte über Plattenosteosynthese präsentiert wurden. (84)

Anfänglich wurde die Reposition nur geschlossen durchgeführt und anschließend mit Schienen oder IMF ruhig gestellt. Als Anhaltspunkte für die scheinbar korrekte Position galten die Okklusion sowie Röntgen- und Tastbefunde. Aufgrund dieser Methoden überrascht es nicht, dass die Ergebnisse nur zum Teil zufriedenstellend waren. Die Radiologie war damals noch nicht so fortschrittlich, als dass man alle Strukturen genau erkennen konnte. Weiters wurden die Bruchstücke nur unzureichend in allen 3 Dimensionen fixiert, wodurch eine ordnungsgemäße Knochenheilung aufgrund von Bewegungen nicht gewährleistet war.

Deshalb begann man bei vielen Frakturen mit der offenen Reposition, was zu deutlich besseren Ergebnissen im Bereich der Funktion und Ästhetik führte.

(37,85) Von da an war es möglich, die Knochenenden freizulegen und korrekt aneinander zu führen. Jedoch wurde in den Anfängen der Chirurgie nicht mit Platten sondern mit Drähten gearbeitet. Diese wiederum haben auch nur schwer die Möglichkeit, Bruchstücke in allen Dimensionen ausreichend zu stabilisieren. (56) Außerdem entstanden durch fehlende Antibiotika schwere Infektionen bei offenchirurgischen Operationen. (38)

Die ersten Osteosyntheseplatten waren oftmals verhältnismäßig groß, und boten noch nicht genügend Stabilität für eine gute Knochenheilung. (42)

Um Knochen nach Frakturen stabil aneinander zu fixieren, wurden Kompressionsplatten entwickelt.

Messungen an heilenden Knochenstücken ergaben, dass durch eine Kombination aus Kompression und Stabilisation die Normbiegefestigkeit deutlich schneller erreicht werde.

Durch die erhöhte Reibung zwischen Fragmenten werden unerwünschte Bewegungen wie Torsion, Scherung und Biegung reduziert und dadurch die Knochenheilung begünstigt.

Diese neue Plattenart wurde zuerst aufgrund ihrer Dimensionen nur bei Extremitätenverletzungen angewandt und war somit nicht für die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie geeignet. Erst nach der Miniaturisierung konnten sie auch im Unterkiefer zum Einsatz kommen. Mit der Erfindung der dynamischen Kompressionsplatte wurde die Problematik in Hinblick auf die zu großen Materialien behoben. Das Prinzip des sphärischen Gleitprinzips wurde in die Platte eingearbeitet und somit waren keine externen Vorrichtungen für die Kompression mehr von Nöten. (84) Aufgrund der gegebenen Stabilität bei Kompressionsplatten wird die IMF nicht mehr so weitläufig verwendet. (86)

Die IMF kommt heutzutage primär bei nur geringgradig dislozierten Kondylenfrakturen und bei der intraoperativen Okklusionssicherung zur Anwendung. Häufig werden Drähte durch Gummibänder ersetzt. Bei fehlender Bezahnung sowie bereits bestehenden Dysgnathien ergeben sich Probleme in der Anwendung. Ein zu starker Muskelzug kann auch zu Problemen führen, da die Kräfte zu groß für die IMF sind. (2) Heutzutage gibt es durch verschiedene Platten für PatientInnen viele Methoden, die komfortabler sind. Mithilfe der Platten kann man kurze Zeit nach der Operation bereits wieder weiche Kost zu sich nehmen, normal reden und hat mit der Mundhygiene keine Probleme. Ein Vorteil bei der IMF liegt dennoch darin, dass man sich die Komplikationen erspart, die im Rahmen einer Vollnarkose sowohl bei der Anbringung als auch bei der Entfernung auftreten können. In Ländern mit geringen medizinischen Standards bietet die IMF eine kostengünstige Alternative zu Platten. (6)

Trotz der Errungenschaft durch die axiale Kompression gab es Diskussionen über deren genaue Bedeutung bei der Frakturheilung. Dies führte zur Einführung von Osteosyntheseverfahren mit geringerer Stabilität im Vergleich zu den Kompressionsplatten.

Nachdem Moll und Michelet über Miniplatten berichteten, modifizierte Champy diese und verwendete sie klinisch. (84) In einer prospektiven Studie von Ehrenfeld et. al. wurden Miniplatten, Kompressionsplatten und IMF miteinander verglichen.

Bei dieser Studie hatten die PatientInnen mit Kompressionsplatten eine deutlich höhere Komplikationsrate als jene mit Miniplatten. (87)

In Hinblick auf schwere Komplikationen (z.B. Pseudoarthrosen) oder Infektionen haben jedoch Kompressionsplatten das bessere Outcome. Des Weiteren erweisen sich Kompressionsplatten auch bei atrophen Kieferfrakturen oder Mehrfachfrakturen als überlegen.

Es muss erwähnt werden, dass die Anwendung von Miniplatten technisch einfacher ist als jene der Kompressionsplatten. Deshalb kommt die Miniplatte bei der Mandibula in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie auch häufiger zum Einsatz als die Kompressionsplatte. (84)

Aufgrund der geringen Größe können Miniplatten (sowie auch Mikroplatten) in den PatientInnen belassen werden, wodurch man Komplikationen durch eine erneute Operation vermeiden kann.

Da Miniplatten einen kleineren chirurgischen Zugang benötigen, hat dies auch Einfluss auf das postoperative, kosmetische Ergebnis. Gerade in der heutigen Zeit gewinnt dieser Faktor immer mehr an Bedeutung.

Jedoch muss man beachten, dass kleinere Materialien mechanischen Kräften nicht so gut standhalten können. (2) In diesem Bereich besteht noch Potential zur Verbesserung.

Da die ersten Platten durch Druck auf den Knochen gepresst wurden, wirkte sich dies negativ auf den darunterliegenden Knochen aus, weil dadurch die Durchblutung gestört werden konnte. Außerdem konnte es passieren, dass durch Kräfte, die auf den Knochen beziehungsweise Platten und Schrauben wirkten, sich die Osteosynthesematerialien lockerten. Dies hatte eine gestörte und teils fehlerhafte Knochenheilung zur Folge. Deshalb begann man, das Prinzip einer externen Fixierung zu verwenden und entwickelte winkelstabile Platten, die jedoch unter der Haut zu liegen kommen. Durch ein Gewinde, welches in die Platte eingearbeitet ist und zum Gewinde der Schraube passt, können diese Teile fest miteinander verbunden werden. Aufgrund dieses Systems kann man die Platte auch leicht vom Knochen abheben. Da diese Produkte immer kleiner werden, wird inzwischen häufig ein oraler Zugang gewählt. (2)

Die meisten Osteosyntheseverfahren in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie wurden anfänglich bei Frakturen der Mandibula angewendet. Dies kommt daher, dass dieser Knochen deutlich stabiler, dicker und widerstandsfähiger ist, als die Knochen im Mittelgesicht.

Deshalb wurden im Mittelgesicht Drahtnähte bis in die 1970er Jahre häufig als Osteosyntheseverfahren verwendet, da andere Platten zu groß waren. Jedoch konnten diese keine ausreichende dreidimensionale Stabilität gewährleisten. Kompressionsplatten oder winkelstabile Platten hätten die feinen Knochen geschädigt.

Heutzutage gibt es eine Vielzahl von Miniplatten, welche für das Mittelgesicht verwendet werden können.(84)

Im Jahre 1988 entwarf Luhr die erste Mikroplatte aus Vitallium.(80)

Diese Platten können jedoch nur dann angewandt werden, wenn keine größeren Kräfte, wie zum Beispiel ein Muskelzug auf den Bruchspalt wirken. Denn dafür sind die Platten zu instabil. Aufgrund der kleinen Dimensionierung erfordert dieses System auch erfahrene ChirurgInnen. Andernfalls wird sonst nur schwer ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt. (84)

Trotz der fortschrittlicheren Systeme gibt es dennoch Bereiche, in denen Verbesserungen möglich wären. Bei jedem aktuell verwendeten operativen System kommen Schrauben zum Einsatz. Diese können im Knochen liegende Strukturen wie Nerven und Zähne beschädigen. Gerade bei Kindern muss mit besonderer Vorsicht gearbeitet werden, um Zahnkeime im Unter- und Oberkiefer zu schützen. (6,22) Selbsthaftende Platten könnten in diesem Fall die Lösung sein. Jedoch werden diese Systeme derzeit noch nicht klinisch angewandt. (88,89) Auch wenn es heutzutage deutlich seltener vorkommt, muss es gewährleistet sein, dass sich die Materialien nicht lockern, beziehungsweise die verwendeten Schrauben trotz starker Belastungen in korrekter Position verbleiben um eine bestmögliche Knochenheilung zu gewährleisten. Andernfalls drohen neben Defektheilungen auch Verletzungen von umliegendem Gewebe durch sich bewegende Bruchstücke.

Bei den Materialien gab es in den letzten Jahrzehnten auch Weiterentwicklungen.

Rostfreier Stahl und Vitallium wurden von Titan abgelöst, da dieses Material in Bezug auf die Bioverträglichkeit überlegen ist. Derzeit sind keine Reizungen des Gewebes oder Unverträglichkeiten bekannt. Des Weiteren macht Titan zu den vorhergehenden Materialien auch geringere Artefakte bei CT- und MRT-Untersuchungen. Nachteilig erweist sich Titan jedoch bei den mechanischen Eigenschaften. In diesem Bereich sind Stahl und Vitallium die überlegenen Materialien. (84)

Thermische Reaktionen und die Einschränkung bei radiologischen Untersuchungen führen dazu, dass weitere Stoffe erforscht werden. Deshalb geht der Trend auch in Richtung resorbierbarer Osteosyntheseverfahren. (37) Mit diesen Systemen kann man auf eine weitere Operation verzichten, in der die Implantate entfernt werden.

Bis dato sind jedoch zu wenige Langzeitdaten vorhanden, um resorbierbare Stoffe vorrangig einsetzen zu können. Des Weiteren gibt es derzeit noch Defizite in Bezug auf die Stabilität und Größe. (2)

Auch die Bildgebung hatte bedeutende Errungenschaften. Diese Entwicklungen haben Einfluss auf die Operationsdauer, Komplikationen, Regenerationszeiten sowie die Kosten. Die Bildgebung ist oftmals durch Metalle limitiert, da diese zu Artefakten führen. (23)

Die Entwicklung der Computertomographie war ein bedeutender Schritt für eine bessere Beurteilbarkeit von Verletzungen. (37,90,91) Mithilfe der neuen Geräte ist eine Bildgebung des Schädels gleichzeitig mit dem Rest des Körpers möglich, (37,92) ohne dass die PatientInnen woanders hin transferiert werden müssen und dadurch Zeit verloren geht. Die Stärken der CT liegen im Bereich der Schädelbasis, Kondylen und Orbita sowie des Sinus. (37)

Mithilfe der computerassistierten Chirurgie ist es nun auch möglich, sich selbst bei schwierigen anatomischen Verhältnissen zu orientieren und die Instrumente zielgerichtet zu führen. (93)

Durch die 3D-Bildgebung, welche sehr schnell zur Verfügung steht, (23) sowie mit den 3D-Modellen, (23,94) wird die präoperative Planung verbessert und durch vorzeitiges Anpassen der Platten die Operationszeit verkürzt.

Die Magnetresonanztomographie wird hauptsächlich bei Weichteilverletzungen angewandt, sowie bei Verletzungen der Kapsel und des Discus. Für die Knochenbeurteilung hat die MRT jedoch keinen wesentlichen Einfluss. (95)
Ultraschall wird in der Traumatologie im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich im Bereich der Orbita verwendet (96), wobei die Detektion nur möglich ist, wenn Knochenstücke verschoben sind. Dadurch hat die Sonographie bei Akutsituationen in diesem Bereich eine untergeordnete Bedeutung, um keine Befunde zu übersehen.

Neben der besseren und für die PatientInnen strahlenschonenderen Bildgebung wird auch für die Zukunft an holographischer Darstellung geforscht. Dies soll ÄrztInnen deutlich bessere präoperative Planungen ermöglichen. (23)

Die Endoskopie gewinnt in der Traumatologie immer mehr an Bedeutung. (37,97)

Im Vergleich zu konventionellen Methoden wird das Gewebe mehr geschont und es treten weniger Komplikationen auf. Anwendung findet diese Technik unter anderem bei Kondylen-Frakturen, isolierten Sinus frontalis Frakturen, Orbitabodenfrakturen sowie ausgewählten Mittelgesichtsfrakturen. Bei panfazialen Frakturen mit mehreren Blutungsquellen ist der Einsatz nicht indiziert. In diesem Fall muss man offenchirurgisch operieren, um die multiplen Blutungsquellen schnell zu stoppen und sich einen genauen Überblick über die Verletzungen zu verschaffen. (37)

Insgesamt hat sich in den letzten Jahrzehnten in der Trauma-Therapie sehr viel zum Positiven entwickelt. Dennoch gibt es einige Bereiche in denen noch ein enormes Potential steckt, wie zum Beispiel bei resorbierbaren Materialien. Wenn man den geschichtlichen Verlauf betrachtet, sollte man keine Methode in Vergessenheit geraten lassen, wie es zum Beispiel bei der IMF der Fall war. Denn vielleicht genügt bei manchen Methoden nur eine geringe Abwandlung in der Ausführung, um deutlich bessere Ergebnisse zu erzielen.

Des Weiteren sieht man auch bei der Anwendung von Kompressionsplatten oder Miniplatten im Mittelgesicht, wie wichtig eine solide Ausbildung von ÄrztInnen ist um für PatientInnen ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erreichen.

5 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Unterteilung des Gesichts (Slupetzky Alexander)	3
Abbildung 2: Tastbefunde (Slupetzky Alexander)	8
Abbildung 3: Le Fort Frakturen I/II/III (Slupetzky Alexander)	15
Abbildung 4: Frakturen im Unterkiefer (Slupetzky Alexander)	18
Abbildung 5: Darstellung von hoher (a) und tiefer (b) Collumfraktur (Slupetzky Alexander)	20
Abbildung 6: Kiefergelenksköpfchenfrakturen (Typ A/ B/ C) (Slupetzky Alexander)	21
Abbildung 7: Verteilung von Quellen (Fachzeitschriftenartikeln: blau, Fachbücher: rot, Internetseiten: grün, Dissertationen: lila) (Slupetzky Alexander)	29
Abbildung 8: Mandibulomaxilläre Fixation mit Ernst-Ligaturen (51)	39
Abbildung 9: Schematische Darstellung von Ivy-Loops (53)	40
Abbildung 10: Schuchardt-Schiene mit mandibulomaxillärer Fixation(54)	41
Abbildung 11: Kappenschiene aus Kunststoff(54)	42
Abbildung 12: Intermaxilläre Fixation mit IMF-Schrauben (60)	44
Abbildung 13: Fixateur externe(62)	45
Abbildung 14: Funktionsprinzip der dynamischen Kompressionsplatte(65)	47
Abbildung 15: Verringerte Kontaktfläche von Platten mit Nuten(68)	48
Abbildung 16: Winkelstabile Platte(71)	49
Abbildung 17: Verschiedene Miniplatten (78)	52

6 Quellenverzeichnis

1. Initial Evaluation and Management of Maxillofacial Injuries: Overview, Clinical Presentation and Approach for Patients with Facial Trauma, Relevant Anatomy and Contraindications. 2016 Jan 12 [cited 2016 Feb 18]; Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/434875-overview#showall>
2. Ehrenfeld M, Manson P, Prein J. Principles of Internal Fixation of the Craniomaxillofacial Skeleton. Trauma and Orthognathic Surgery [Internet]. Scribd. 2012 [cited 2016 Apr 24]. Available from: <https://www.scribd.com/doc/290026897/Manual-AO-pdf>
3. Ernst A, Seidl RO, Herzog M, Kiening KL, Unterberg A, Thomale UW. Traumatologie des Kopf-Hals-Bereichs. 1., Aufl. Thieme, Georg, Verlag KG; 2003. 236 p.
4. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie (E-Book PDF) - Thieme.de - Thieme Webshop - Norbert Schwenzer, Michael Ehrenfeld [Internet]. Thieme Webshop. [cited 2016 Feb 16]. Available from: <https://www.thieme.de/shop/Zahnmedizinische-Faecher/Schwenzer-Ehrenfeld-Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie-9783131630841/p/000000000135894404>
5. Trentz O, Friehs GB. Kopf und Körperhöhlen: mit 31 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer; 2000.
6. Hausamen J-E, Machtens E, Reuther JF, Eufinger H, Kübler A, Schliephake H. Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Springer-Verlag; 2012. 761 p.
7. Gujer AK, Jacobsen C, Grätz KW. Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. 2014th ed. Springer; 2013. 379 p.
8. Baierlein SA. Frakturklassifikationen. Georg Thieme Verlag; 2010. 241 p.
9. Henne-Bruns D. Chirurgie: 311 Tabellen. Stuttgart: Thieme; 2012.

10. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie. 6., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme; 2009.
11. Tscheliessnigg KH, Uranüs S, Pierer G. Lehrbuch der Allgemeinen und Speziellen Chirurgie. 3., Aufl. Maudrich, W; 2005.
12. Duden | ri-gi-de | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Synonyme, Herkunft [Internet]. [cited 2016 Jun 22]. Available from: <http://www.duden.de/rechtschreibung/rigide>
13. Perry M, Holmes S. Manual of Operative Maxillofacial Trauma Surgery. Springer; 2014. 180 p.
14. load bearing vs load sharing [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPyKssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSUI/?BackMode=true&bone=CMF&contentUrl=%2Fsrg%2Fpopup%2Fadditional_material%2F91%2FX70_Load_bearing_vs_sharing.jsp&popupStyle=diagnosis&segment=Mandible&soloState=true
15. Intermaxilläre Fixation - Zahnlexikon [Internet]. [cited 2016 Jun 22]. Available from: <http://www.zahn-lexikon.com/index.php/i/37-a-z/o-lexikon/2638-intermaxillaere-fixation>
16. Weigel B, Nerlich ML. Praxisbuch Unfallchirurgie. Springer-Verlag; 2011. 1239 p.
17. Anderhuber F, Pera F, Streicher J. Waldeyer - Anatomie des Menschen, Lehrbuch und Atlas in einem Band [Internet]. Berlin, Boston: De Gruyter; 2012 [cited 2016 Jan 20]. Available from: <http://www.degruyter.com.978110228632.han.medunigraz.at/viewbooktoc/product/44108>
18. Schmalfuß EK. Komplikationen nach operativ versorgten Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen - eine funktionelle, axiographische und röntgenologische Nachuntersuchung - Deutsche Digitale Bibliothek [Internet].

- [cited 2016 Jun 22]. Available from: <http://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/Y7BAXLVI23VPPSHMTG5A3LZYKVK4LNMV>
19. Microsoft PowerPoint - zahnmeduk frakturen_klug - zmedukfrakturen.pdf [Internet]. [cited 2016 Jun 27]. Available from: <http://www.meduniwien.ac.at/maxillo-facial/zmedukfrakturen.pdf>
 20. Digitale Volumentomographie. In: Wikipedia [Internet]. 2016 [cited 2016 Jun 27]. Available from: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Digitale_Volumentomographie&oldid=155300400
 21. Neff U-PDDA. Traumatologie des Unterkiefergelenkfortsatzes. MKG-Chir. 2011 Sep 18;4(3):229–44.
 22. Craniomaxillofacial trauma in children: a review of 3,385 cases with 6,060 injuries in 10 years [Internet]. [cited 2016 Jan 20]. Available from: <http://www-1sciencedirect-1com-1pubmed.han.medunigraz.at/science/article/pii/S0278239103012576>
 23. Scarfe WC. Imaging of maxillofacial trauma: Evolutions and emerging revolutions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. 2005 Aug;100(2):S75–96.
 24. Bingham C. The fractured malar. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Mar 12]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/13224181>
 25. Morris J. Dental roentgenographic technique; interpretation; relationships. [Internet]. [cited 2016 Mar 12]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/18873406>
 26. Weber AL. History of Head and Neck Radiology: Past, Present, and Future. Radiology. 2001 Jan 1;218(1):15–24.
 27. Fox L, Vannier M, West C, Pilgram T, Baran G. Diagnostic performance of CT, MPR and 3DCT imaging in maxillofacial trauma [Internet]. [cited 2016 Mar

- 12]. Available from: <http://www-1sciencedirect-1com-1pubmed.han.medunigraz.at/science/article/pii/0895611195000224>
28. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2002 März;31(2):126–30.
29. Heiland M, Schmelzle R, Hebecker A, Schulze D. Intraoperative 3D imaging of the facial skeleton using the SIREMOBIL Iso-C3D. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2004 März;33(2):130–2.
30. Yang Q, Xie B, Hu M, Sun X, Huang X, Guo M. Thoracoscopic anatomic pulmonary segmentectomy: a 3-dimensional guided imaging system for lung operations. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016 Apr 19;ivw085.
31. Tanrikulu R, Erol B. Comparison of computed tomography with conventional radiography for midfacial fractures. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2001 Mai;30(3):141–6.
32. Kleinheinz J, Anastassov G, Joos U. Ultrasonographic versus conventional diagnostic procedures in dislocated subcondylar mandibular fractures. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Mar 20]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=Ultrasonographic+versus+conventional+diagnostic+procedures+in+dislocated+subcondylar+mandibular+fractures.+J+Craniomaxillofac+Trauma>
33. Adolphs N, Liu W, Keeve E, Hoffmeister B. Craniomaxillofacial surgery planning based on 3D models derived from Cone-Beam CT data. *Comput Aided Surg.* 2013 Sep 1;18(5–6):101–8.
34. Sailer HF, Haers PE, Zollikofer CPE, Warnke T, Caris FR, Stucki P. The value of stereolithographic models for preoperative diagnosis of craniofacial deformities and planning of surgical corrections. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1998 Oct;27(5):327–33.

35. Watzinger F, Wanschitz F, Wagner A, Enislidis G, Millesi W, Baumann A, et al. Computer-aided navigation in secondary reconstruction of post-traumatic deformities of the zygoma. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 1997 Aug;25(4):198–202.
36. Mueller R. Endoscopic Treatment of Facial Fractures. *Facial Plast Surg.* 2008 Feb;24(1):078–91.
37. Perry M. Maxillofacial trauma—Developments, innovations and controversies. *Injury.* 2009 Dec;40(12):1252–9.
38. Rowe NL. The history of the treatment of maxillo-facial trauma. *Ann R Coll Surg Engl.* 1971 Nov;49(5):329.
39. Münster B. Nachuntersuchende Studie am Patienten mit einem multidirektionalen winkelstabilen Osteosynthesystem am Unterkiefer [Internet]. 2005 [cited 2016 Apr 18]. Available from: <http://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/ZEJHYMF26FVXD3Z3X2OWDH5IPE3ZMWJT>
40. Saenger JED. Die Ätiologie und Therapie von Unterkieferfrakturen in der Universitätsklinik Aachen von 1995 bis 2007 : eine retrospektive Analyse [Internet]. [cited 2016 Apr 18]. Available from: <http://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/WQZF7T2Z2BFIFPBFVOCUA7ODMDQQTXMJ>
41. Hornung J. Ursachen, Therapieformen und Komplikationen von Unterkieferfrakturen : eine retrospektive Analyse der Jahre 1994-2005 [Internet]. 2009 [cited 2016 Apr 18]. Available from: <http://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/BQYYBC7BRI25HG2CTSANQHY6M5UEDJRH>
42. Luhr H-G. Entwicklung der modernen Osteosynthese. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 2000 May;4(S1):S084–90.
43. Wolter D, editor. Die Plattenosteosynthese und ihre Konkurrenzverfahren: Von Hansmann bis Ilisarow. Springer-Verlag; 1991. 380 p.
44. Schwenzer N, Schuchardt K. Fortschritte der Kieferchirurgie und Gesichtschirurgie, Bd.41, Traumatologie des Unterkiefers, Orbitaerkrankungen. Stuttgart u.a.: Thieme, Stuttgart; 1996.

45. Weiss DW, Gosau M, Koyama K, Reichert TE. Frakturen von Maxilla und Mandibula. HNO. 2011 Oct 21;59(11):1079–87.
46. Bos R, Rozema F, Boering G, Leenslag J, Verwey A, Pennings A. [Bioabsorbable poly(L-lactide) osteosynthesis plates and screws for the fixation of zygomatic bone fractures]. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 27]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/2639741>
47. Buijs GJ, Stegenga B, Bos RRM. Efficacy and Safety of Biodegradable Osteofixation Devices in Oral and Maxillofacial Surgery: a Systematic Review. J Dent Res. 2006 Nov 1;85(11):980–9.
48. Dodson T. Efficacy of biodegradable osteofixation devices in oral and maxillofacial surgery remains inconclusive. Evid Based Dent. 2007;8(2):44–44.
49. Weingart D, Bublitz R, Michilli R, Class D. Resorbierbares Osteosynthesematerial bei Kraniosynostosen. Mund Kiefer Gesichtschir. 2013 Jan 29;5(3):198–201.
50. Mandible - AO Surgery Reference [Internet]. [cited 2016 Apr 23]. Available from:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSUI/?BackMode=true&bone=CMF&contentUrl=%2Fsrg%2Fpopup%2Fadditional_material%2F91%2FX10_MMF_Ernst_ligatures.jsp&popupStyle=diagnosis&segment=Mandible&soloState=true
51. AO Foundation CMF. Mandibulomaxillary fixation (MMF) - Ernst ligatures [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAzMjfULsh0VAbWjLW0!/?bone=CMF&segment=Mandible&contentUrl=/srg/popup/additional_material/91/X10_MMF_Ernst_ligatures.jsp

52. Wiring techniques in maxillofacial surgery [Internet]. 10:51:06 UTC [cited 2016 Apr 23]. Available from: <http://de.slideshare.net/syedabuthagir/wiring-techniques-in-maxillofacial-surgery>
53. Beckman T. Fracture stabilization Dental Readiness Training: Fracture Diagnosis and initial stabilization [Internet]. 08:14:07 UTC [cited 2016 Jun 7]. Available from: <http://de.slideshare.net/drehab1/fracturestabilization>
54. Zahnklinik Medeco Bonn - Die Zahnärzte | Zahnerhaltung | Implantate | Prothetik | Kiefergelenkerkrankungen: Grundsätze der Frakturbehandlung im Kieferbereich-Spezielle Traumatologie [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: <http://www.medeco.de/zahnarzt-bonn/kieferchirurgie-dentalatlas/spezielle-traumatologie/grundsaeetze-der-frakturbehandlung-im-kieferbereich/>
55. Reichart PA, Hausamen J-E, Becker J, Neukam FW, Schliephake H, Schmelzeisen R. Curriculum Chirurgie Band III Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. 1., Auflage. Quintessenz, Berlin; 2002. 587 p.
56. Horch H-H. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie: Praxis der Zahnheilkunde Band 10. 4th ed. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2006. 864 p.
57. Cornelius C-P, Ehrenfeld M. The Use of MMF Screws: Surgical Technique, Indications, Contraindications, and Common Problems in Review of the Literature. *Craniofacial Trauma Reconstr.* 2010 Jun;3(2):055–80.
58. Key S, Gibbons A. Re: Care in the placement of bicortical intermaxillary fixation screws. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2001 Dec;39(6):484.
59. Arthur G, Berardo N. A simplified technique of maxillomandibular fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989 Nov;47(11):1234.
60. DePuySynthes. IMF Screw Set [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: <https://emea.depuyssynthes.com/hcp/cmfp/products/qs/imf-screw-set>
61. Mandible - Treatment - External fixator - Angle and ramus, complex - AO Surgery Reference [Internet]. [cited 2016 Apr 25]. Available from:

https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a1/jY9LC4MwEIR_jVd3tfRBbz m00gdlsQ_NpUQao2CzlcYK_fW1nu1jbjvMt8wAhxS4Fo9KCVeRFvX75rNrGC NGmwR3cXwMkCWriDqvEfEw7QPZlwCb_8fjBzH8xW-Bq5ryoWrGdD5ZKOBWFtJK67e2t0vnTLP00MOu60JfUEGtvg0DfbKqt03joSHr xp-U1DhIR1kw91P63MvLC5xS4SM!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmlFL1o2XzJP MDBHSVMwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?showPage=redfix&bone=CMF&segment=Mandible&classification=91-Angle%20and%20ramus,%20complex&treatment=&method=External%20fixator&implantstype=&approach=&redfix_url=1285234127407

62. AO Foundation CMF. Mandible - Angle and ramus, complex: External fixator AO Surgery Reference [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAzMjfULsh0VAbWjLW0!/?bone=CMF&classification=91-Angle%20and%20ramus%20complex&implantstype=&method=External%20fixator&redfix_url=&segment=Mandible&showPage=redfix&treatment=Operative
63. Howaldt HP, Schmelzeisen R. Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie: Für Studium, Examen und Weiterbildung. 2nd ed. Deutscher Ärzte-Verlag; 2015.
64. Allgöwer PDM, Kinzli DL, Matter P-DDP, Perren P-DDSM, Rüedi P-DDT. Das Konzept der Dynamischen Kompressionsplatte (AO — DCP). In: Die Dynamische Kompressionsplatte DCP [Internet]. Springer Berlin Heidelberg; 1978 [cited 2016 May 26]. p. 10–44. Available from: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-06644-7_2
65. Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. AO Principles of Fracture Management - Dynamic compression principle AO Foundation [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNS

- UI/?bone=Femur&segment=Shaft&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/further_reading/PFxM2/322211_Dyn_comp_pncpl.jsp
66. Kanwaldeep S. Rigid Internal Fixation for Mandibular Fractures- A Comprehensive Study [Internet]. [cited 2016 May 26]. Available from: https://www.webmedcentral.com/wmcpdf/Article_WMC002948.pdf
 67. Kleinfragment-System. Instrumente und Implantate für die Plattenosteosynthese mit 2.7 und 3.5 Platten. [Internet]. [cited 2016 May 26]. Available from: <http://sites.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/016.000.995.pdf>
 68. AO Foundation. Plates - AO Surgery Reference [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgerypopup?contentUrl=/srg/popup/further_reading/PFxM2/DRAFT_322_Plates-1-2.jsp&soloState=seo&title=&Language=en
 69. Locking plate principles [Internet]. [cited 2016 May 27]. Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPyksy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSUI/?BackMode=true&bone=CMF&contentUrl=%2Fsrg%2Fpopup%2Fadditional_material%2F91%2FX40_Lockplate_principles.jsp&popupStyle=diagnosis&segment=Mandible&soloState=true
 70. Osteosynthesesysteme für die UK-Frakturversorgung [Internet]. [cited 2016 May 27]. Available from: <http://www.med-college.hu/de/wiki/artikel.php?id=330&lan=1>
 71. AO Foundation. Locking plate principles- additional material [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a1/jY9LC4MwEIR_jVd3Vailtxxa6QM82IfmUiKNUbDZEGOF_vpaz_Yxtx3mW2aAQw5ci0ejhGtli_Z988U1TBGTbYb7ND0GyLJ1kJw3iBhHY6D4EmDxfzx-EMNf_A64aqmcqhZMI9FSAbeyklZav7ejXTtnupWHHg7DEPqCKur1bRrok1WjbToPDVvk3_6SmzkE-

y4K5n_LnQV5e2MPXkw!!/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHS
VMwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMDcz/?bone=CMF&segment=Mandible&sh
owPage=A&contentUrl=srg/popup/additional_material/91/X40_Lockplate_princ
iples.jsp

72. MEDECO Berlin Wedding - Die Zahnärzte | Zahnerhaltung | Implantate | Prothetik | Kiefergelenkerkrankungen: Frakturen des Unterkiefers [Internet]. [cited 2016 May 27]. Available from: <http://www.medeco.de/zahnarzt-berlin/wedding/kieferchirurgie-dentalatlas/frakturen-und-verletzungen/spezielle-traumatologie/frakturen-des-unterkiefers/>
73. Plate types [Internet]. [cited 2016 May 27]. Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?bone=CMF&segment=Mandible&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/additional_material/91/X97_plate_types.jsp#JumpLabelNr3
74. Mittelgesichtsfrakturen [Internet]. [cited 2016 May 27]. Available from: <http://www.medeco.de/zahnarzt-berlin/mitte/kieferchirurgie-dentalatlas/frakturen-und-verletzungen/spezielle-traumatologie/mittelgesichtsfrakturen/>
75. Schortinghuis J, Bos R, Vissink A. Complications of internal fixation of maxillofacial fractures with microplates. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 8]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/9973119>
76. Eppley B, Sadove A. Application of microfixation techniques in reconstructive maxillofacial surgery. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 8]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=application+of+microfixation+techniques+in+reconstructive+maxillofacial+surgery>
77. Stanley RJ, Funk G. Rigid internal fixation for fractures involving tooth-bearing maxillary segments. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 8]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov->

- 1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=rigid+fixation+for+fractures+involving+tooth-bearing+maxillary+segments
78. Conmet. PRODUCE of CONMET - TITANIUM INSTRUMENTS & IMPLANTS FOR CRANIO-MAXILLO-FACIAL SURGERY [Internet]. [cited 2016 Jun 7]. Available from: http://www.conmet.ru/e_chere.html
79. Luhr H. Indications for use of a microsystem for internal fixation in craniofacial surgery. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 8]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=indications+for+the+use+of+a+microsystem+for+internal+fixation+in+craniofacial+surgery>
80. Luhr H-G. A micro-system for cranio-maxillofacial skeletal fixation. J Cranio-Maxillofac Surg. 1988 Jan 1;16:312–4.
81. Campbell JH. Titanium screw failure: A case report. J Oral Maxillofac Surg. 1993 May 1;51(5):603–5.
82. Bähr W, Lessing R. The loadability of the 0.8-mm micro-system in thin midfacial regions--an animal experimental study. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 8]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=the+loadability+of+the+0.8+mm+microsystem+in+thin+midfacial+regions>
83. Jensen J, Sindet-Pedersen S, Christensen L. Rigid fixation in reconstruction of craniofacial fractures. J Oral Maxillofac Surg. 1992 Jun;50(6):550–4.
84. Wiltfang J. Osteosynthesesysteme in der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie. HNO. 2002 Sep;50(9):800–11.
85. Gruss J, Phillips J. Complex facial trauma: the evolving role of rigid fixation and immediate bone graft reconstruction. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 9]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=complex+facial+trauma%3A+the+evolving+role+of+rigid+fixation+and+immediate+bone+craft+reconstruction>

86. Schreier Y. Die Behandlung von Unterkieferfrakturen mit Zugschrauben im Universitätsklinikum Gießen von 1998 bis 2002 : eine retrospektive Studie [Internet]. GEB-IDN/4655. 2006 [cited 2016 Jun 28]. Available from: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2007/4655/>
87. Ehrenfeld M, Roser M, Hagenmaier C, Mast G. [Treatment of mandibular fractures with different fixation techniques--results of a prospective fracture study]. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 28]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=Treatment+of+mandibular+fractures+with+different+fixation+techniques--results+of+a+prospective+fracture+study>
88. Endres K, Marx R, Tinschert J, Wirtz DC, Stoll C, Riediger D, et al. A new adhesive technique for internal fixation in midfacial surgery. Biomed Eng OnLine. 2008 May 19;7:16.
89. Smeets R, Endres K, Stockbrink G, Hanken H, Hermanns-Sachweh B, Marx R, et al. The innovative application of a novel bone adhesive for facial fracture osteosynthesis-in vitro and in vivo results. J Biomed Mater Res A. 2013 Jul;101(7):2058–66.
90. Manson P, Markowitz B, Mirvis S, Dunham M, Yaremchuck M. Toward CT-based facial fracture treatment. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2016 Jun 9]. Available from: <http://www-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-1pubmed.han.medunigraz.at/pubmed/?term=toward+ct-based+facial+fracture+treatment>
91. Bešenski N. Traumatic injuries: imaging of head injuries. Eur Radiol. 2002 Jun;12(6):1237–52.
92. Exadaktylos A, Sclabas G, Schmid S, Schaller B, Zimmermann H. Do We Really Need Routine Computed Tomographic Scanning in the Primary Evaluation of Blunt Chest Trauma in Patients with “Normal” Chest Radiograph?- The Journal of trauma. 2001.

93. Sießegger M, Mischkowski RA, Schneider BT, Krug B, Klesper B, Zöller JE. Image guided surgical navigation for removal of foreign bodies in the head and neck. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2001 Dec;29(6):321–5.
94. Kermer C, Lindner A, Friede I, Wagner A, Millesi W. Preoperative stereolithographic model planning for primary reconstruction in craniomaxillofacial trauma surgery. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 1998 Jun;26(3):136–9.
95. Gerhard S, Ennemoser T, Rudisch A, Emshoff R. Condylar injury: magnetic resonance imaging findings of temporomandibular joint soft-tissue changes. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007 Mar;36(3):214–8.
96. McCann PJ, Brocklebank LM, Ayoub AF. Assessment of zygomatico-orbital complex fractures using ultrasonography. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2000 Oct;38(5):525–9.
97. Krimmel M, Cornelius C-P, Reinert S. Endoscopically Assisted Zygomatic Fracture Reduction and Osteosynthesis Revisited. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2002 Oct;31(5):485–8.