



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Fakultät für Medizin

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

(Direktor: Prof. Dr. Dr. Klaus-Dietrich Wolff)

**Evaluation einer Klassifikation zur Kategorisierung von isolierten
Orbitabodenfrakturen mittels Computertomographie**

Stephan Wimmer

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

Doktors der Zahnheilkunde

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Jürgen Schlegel

Prüfer der Dissertation: 1) Priv.-Doz. Dr. Dr. Jochen Weitz

2) apl. Prof. Klaus Wörtler

Die Dissertation wurde am 31.10.2018 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 19.03.2019 angenommen.

Publikation von Teilergebnissen dieser Dissertation:

Frohwitter G., Wimmer S., Goetz C., Weitz J., Ulbig M., Koertuem K., Dangelmaier J., Ritschl L., Doll C., Ristow O., Kesting MR., Koerdt S., (2018). "Evaluation of a computed-tomographie-based asesment scheme in treatment decision-making for isolated orbital fractures." Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery. 46(9), hh1550-1554.

DOI: [10.1016/j.jcms.2018.06.016](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2018.06.016)

1 Inhaltsverzeichnis

1 Inhaltsverzeichnis	2
2 Abkürzungsverzeichnis	5
3 Einleitung	6
3.1 Anatomische Grundlagen	7
3.1.1 Osteologie	7
3.1.2 Orbitainhalt	9
3.2 Die Klinik der Orbitatraumatologie	12
3.2.1 Epidemiologie und Ätiologie.....	12
3.2.2 Fraktуреinteilung.....	14
3.2.3 Symptome und Diagnostik.....	18
3.2.4 Therapie	21
3.2.5 Komplikationen.....	32
3.3 Ziel und Fragestellung der vorliegenden Studie.....	33
4 Studiendesign und Methodik.....	35
4.1 Studiendesign.....	35
4.2 Patientenkollektiv	36
4.3 Art der klinischen Parametererfassung	36
4.3.1 Motilitätseinschränkung	37
4.3.2 Doppelbilder	37
4.3.3 Visuseinschränkung	37
4.3.4 Position des Bulbus.....	38
4.3.5 Hyp-/ Parästhesien des Nervus infraorbitalis	39
4.3.6 Sonstige Befunde	39
4.4 Radiologische Auswertung	39
4.4.1 Frakturgröße.....	40

1 Inhaltsverzeichnis

4.4.2 Weitere Frakturwände	41
4.4.3 Verlagerung des Musculus rectus inferior (MRI).....	41
4.4.4 Inkarzeration.....	42
4.4.5 Intraorbitale Lufteinschlüsse	43
4.4.6 Intraorbitale Fraktursplitter	43
4.5 Statistische Methoden	44
5 Ergebnisse.....	45
5.1 Patientenkollektiv	45
5.2 Symptome und okuläre Verletzungen	48
5.3 Zusammenhang der radiologischen Parameter mit Symptomen	49
5.3.1 Evaluation der Klassifikation	49
5.3.2 Zusammenhang einzelner radiologischer Befunde mit Symptomen	53
6 Diskussion	61
6.1 Patientenkollektiv	61
6.2 Symptome und okuläre Verletzungen	62
6.3 Zusammenhang von radiologischen Befunden und Symptomen	65
6.3.1 Frakturgröße.....	65
6.3.2 Inkarzeration.....	67
6.3.3 Verlagerung des Musculus rectus inferior	67
6.3.4 Orbitales Emphysem.....	69
6.3.5 Intraorbitale Fraktursplitter	69
6.4 Evaluation der Klassifikation	69
6.5 Ausblick und Kritik	72
7 Zusammenfassung	74
8 Literaturverzeichnis	77
9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	101
9.1 Abbildungsverzeichnis	101

1 Inhaltsverzeichnis

9.2 Tabellenverzeichnis	102
10 Anlagen	104
10.1 Lebenslauf	104
10.2 Eidesstaatliche Versicherung.....	105
10 Danksagung	107

2 Abkürzungsverzeichnis

CT	Computertomographie
FOS	Fissura orbitalis superior
FOI	Fissura orbitalis inferior
M	Musculus
N.	Nervus
NNH	Nasennebenhöhlen
MRI	Musculus rectus inferior
Bzw.	beziehungsweise
m	Meter
mm	Millimeter
cm	Zentimeter
A.	Arteria
Ae.	Arteriae
V.	Vena
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
mJ	Milli-Joule

3 Einleitung

Orbitafrakturen können isoliert oder im Rahmen von (kombinierten) Mittelgesichtsfrakturen auftreten. Hierbei sind, in ihrer Entstehung abhängig vom Ort der Krafteinwirkung, die Jochbein-, Nasoethmoidal-, LeFort-II- und III-Frakturen zu nennen. Epidemiologische Angaben unterscheiden sich nach Land, Zeitraum und Kultur, in der die Studie durchgeführt wurde [Cruz 2004]. Die am häufigsten genannten Ursachen für eine Fraktur mit Orbitabeteiligung sind körperliche Gewalt und Verkehrsunfälle, wobei letztere mit der Einführung von Airbags deutlich zurück gegangen sind [Duma 2003, Ellis 1985, Gewalli 2003]. Durch die variierend großen Krafteinwirkungen aufgrund der unterschiedlichen Traumaursachen begründet sich zum Teil die Komplexität und das unterschiedliche Ausmaß von Frakturen der Orbita, welche die Therapieentscheidung und Diagnostik oft anspruchsvoll macht und erschwert [Brady 2001, Chiasson 2010, Dubois 2015b]. Bis zum heutigen Zeitpunkt hat sich deswegen kein einheitlicher Konsens im Bezug auf Operationsindikationen, Zugänge und Rekonstruktionsmaterialien ergeben [Chiasson 2010, Courtney 2000, Dubois 2015a, b, Dubois 2016, Ellis 2003a, Kothari 2012]. Ausgehend von ersten Beschreibungen der Orbitatraumatologie von Lang und Mackenzie begann die wissenschaftliche Diskussion im vergangenen Jahrhundert, vor allem im Bezug auf isolierte Orbitafrakturen, über die Ätiologie der Frakturmuster [Converse 1957, Lang 1889, Le Fort 1901, Mackenzie 1844]. Im Laufe der Jahre fokussierte sich die Wissenschaft immer mehr auf eine genaue Festlegung von Op-Indikationen, was sich heute in einer Vielzahl von Publikationen dazu widerspiegelt [Converse 1967, Dubois 2015a, Grant 1997, Jank 2003b]. Mit Einführung der Computertomographie (= CT) in den 1980er Jahren verbesserte sich die Diagnostik von isolierten Orbitawandfrakturen maßgeblich [Lin 2012, Rhee 2014]. Zusätzlich versuchen in letzter Zeit eine Vielzahl von Autoren mithilfe neuer Messtechniken der CT-Bildgebung Erkenntnisse für die Therapie der Orbitatraumatologie zu finden [Harris 2000, Jin 2000, Matsunaga 2011, Rhee 2002, Schouman 2012b]. Auch die vorliegende Studie versucht den Entscheidungsprozess bei therapeutischen Fragestellungen durch klinische Evaluation einer CT-basierten Klassifikation zu verbessern. Die nachfolgende Zusammenfassung der Anatomie der Orbita bietet einen geeigneten Anfang für eine Einführung in die Thematik.

3.1 Anatomische Grundlagen

3.1.1 Osteologie

Die knöcherne Orbita ähnelt in ihrer Form einer vierseitigen Pyramide mit dreieckiger Spitze, deren Basis sich nach vorne öffnet. Im Gesichtsschädel ist sie unterhalb der Fossa cranii anterior lokalisiert. Ihre beiden medialen Wände verlaufen dabei nahezu parallel und stehen in einem Winkel von jeweils 45 Grad zur lateralen Wand [Cornelius 2014, Welkoborsky 2016]. Die nachfolgende Abbildung 3.1 stellt die knöcherne Orbita veranschaulichend dar.

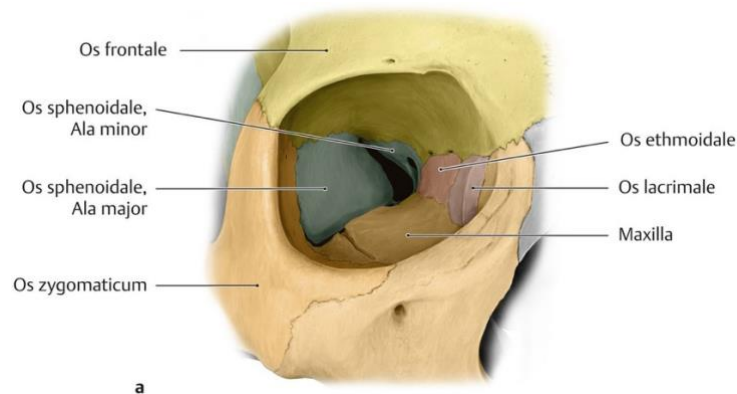


Abb. 3.1: Knöcherne Orbita [Schünke 2009]

Insgesamt besteht die Orbita aus sieben Knochen. Ihr Rand wird aus dem Os zygomaticum, dem Os maxillare sowie dem Os frontale gebildet. Den größten Teil des Daches bildet das Os frontale, an das sich nach posterior der kleine Keilbeinflügel anschließt. Seine charakteristischen Merkmale sind dabei eine entweder als Incisura oder Foramen ausgebildete Austrittsstelle für ein supraorbitales Nerven-gefäßbündel, sowie die Grube für die Tränendrüse. Die mediale Wand wird vom Os maxillare, dem Os lacrimale, der Lamina papyracea des Os ethmoidale, sowie dem Os sphenoidale, in dieser Abfolge vom Auditus orbitae bis zum Apex hin, gebildet [Cornelius 2014, Lang 1979]. Durchbrochen wird die mediale Wand durch eine variierende Anzahl an Foramina ethmoidalae, welche an der Sutura des Ethmoids zum Os frontale lokalisiert sind [Piagkou 2014]. Zusätzlich bildet das Os lacrimale mit dem Os maxillare die Grube für den Tränensack, welcher nach kaudal in den Canalis nasolacimalis übergeht. Die gesamte mediale Wand ist dabei sehr dünn [Lang 1979, Turvey 2012]. Gemeinsam mit dem Orbitadach bildet sie den Teil des Kanals des

Nervus opticus, welcher in die Orbita mündet. Der Eingang liegt dabei im Bereich des Apex am kranial-medialen Ende [Cornelius 2014, Rootman 1995]. Abbildung 3.2 stellt die anatomische Beziehung der medialen Wand zum Dach und Boden der Orbita, sowie zum Kanal des Nervus Opticus und weiteren Nachbarstrukturen der Orbita dar.

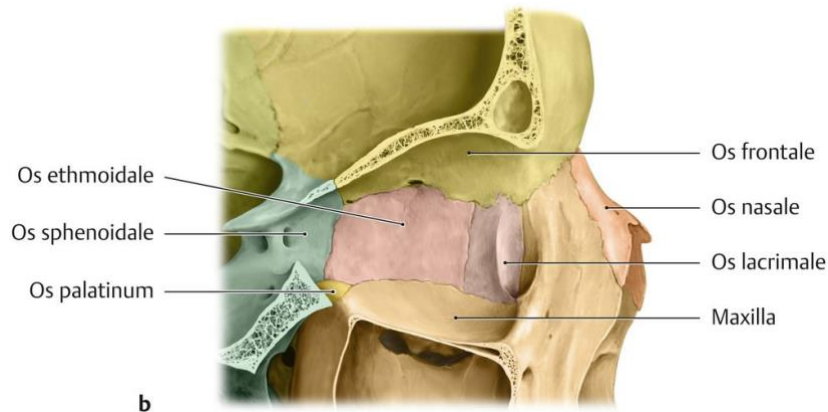


Abb. 3.2: mediale Wand der Orbita [Schünke 2009]

Die laterale Wand besteht aus dem Os zygomaticum sowie dem großen Flügel des Os sphenoidale. Ähnlich dem Orbitarand ist die laterale Wand dicker als die restlichen Wände, jedoch kann das Os zygomaticum in seltenen Fällen pneumatisiert sein [Lang 1979]. Der Keilbeinflügel begrenzt im apexnahen Bereich die Fissura orbitalis superior (= FOS) von unten und die Fissura orbitalis inferior (= FOI) von oben. Dabei trennen die beiden Fissuren als Schlitz den Orbitaboden von der lateralen Wand. Dieser wird zum größten Teil durch die Maxilla und zu einem kleinen Teil aus dem Os palatinum sowie lateral durch das Os zygomaticum gebildet. Seine Gesamtheit wird vom Apex her durch den Sulcus und den Canalis infraorbitalis, welcher in das Foramen infraorbitale mündet, durchbrochen. Der Orbitaboden endet an der FOI, wodurch sich seine im Vergleich zu den anderen Wänden kürzere Länge erklärt [Cornelius 2014]. Im Verlauf zur FOI ist er zunächst dorsal dem inferioren Rand konkav erweitert und steigt dann nach kranial an (siehe Abb. 3.3). Diese Erweiterung der orbitalen Kavität hinter dem Orbitarand gilt dabei für alle Wände [Rootman 1995]. Durch den Anstieg des Orbitabodens ergibt sich in seiner Form, vom konkavsten und kaudalsten Punkt ausgehend, zur FOI hin eine sogenannte „lazy S“-Form. Diese in der sagittalen CT-Schichtung sichtbare Form des Bodens vereinigt sich an ihrem konvexen Punkt mit der ebenso konvexen Wölbung der medialen Wand und wird dann als „posteromedial bulge“ oder „key area“ bezeichnet [Cornelius 2014, Hammer 1995a]. Die Abbildung 3.3 zeigt die „lazy-S“-Form des Orbitabodens und den „posteromedial bulge“.

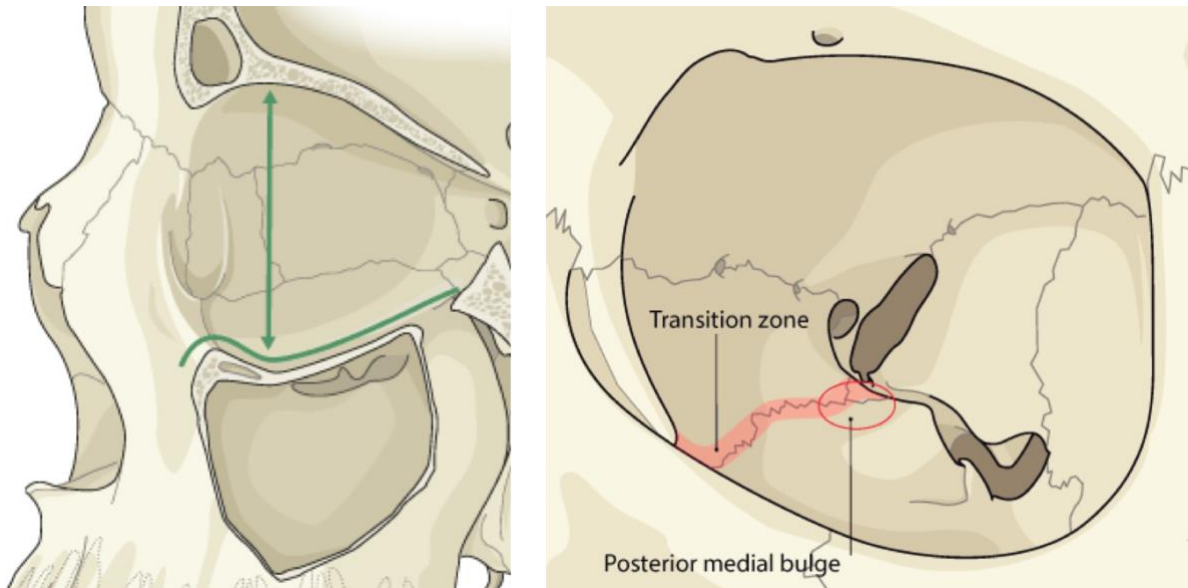


Abb. 3.3: Form der Orbita und Posterior medial bulge [AOFoundation 2017b]

3.1.2 Orbitainhalt

Die knöchernen Orbita beinhaltet neben dem Bulbus oculi eine Vielzahl an Gefäßen, Nerven und Muskeln sowie den Tränenapparat. Im Bereich des Orbitarandes ist das Septum orbitale, eine bindegewebige Platte, befestigt. Sie geht nach außen in Periost und nach innen in die Periorbita über, welche als Sonderform des Periosts angesehen werden kann. Zudem ist das Septum an den Rändern und Fissuren verdickt, entwickelt sich nach anterior in die Tarsi der Lider und hat posterior Kontakt zur Dura. Ventral davon liegt der Musculus (= M.) orbicularis oculi dem Septum auf. Diese muskuläre Platte ist dabei durch die Lidspalte unterbrochen und ist für deren Verschluss sowie für den Tränenabfluss verantwortlich. Als Ansatzpunkte des Musculus orbicularis oculi dienen das Ligamentum palpebrale mediale und laterale. Medial inseriert der Muskel zudem ventral und dorsal des Fossa lacrimalis. Die Fasern dorsal werden als Horner'scher Muskel bezeichnet. Das mediale Ligament inseriert am Os maxillare vor der Crista lacrimalis anterior, das laterale inseriert als Teil des Whitnall'schen Ligaments an der lateralen Orbitawand. Nach innen gehen sie in die Tarsi über, welche als bindegewebige Platten einen Hauptbestandteil des Ober- und Unterlids darstellen. Die Lider werden nach außen durch Epidermis und innen durch Konjunktiva begrenzt. Dabei bildet die Konjunktiva am Übergang zum Bulbus den Saccus der Konjunktiva [Lang 1979].

3.1.2.1 Fettkörper und Bindegewebssystem

Neben dem Bulbus, der Muskulatur und den Gefäßen und Nerven, füllt den restlichen Raum

der Orbita ein ausgeprägter Fettkörper aus, welcher die Bewegung des Bulbus ermöglicht. Dieses Fett wird von einem Bindegewebsapparat durchsetzt. Jener wird zum Einen durch die Faszien der Muskeln gebildet, welche besonders im vorderen Bereich der Orbita sehr stark ausgeprägt und mit der Periorbita verbunden sind [Welkoborsky 2016]. Zum Anderen strahlen Fasern von den Faszien aus, welche sowohl den Halt des Bulbus als auch seine korrekte Bewegung durch die Muskeln unterstützen [Koornneef 1977a, b, 1979]. Die Muskeln sind durch die Fasern zusätzlich untereinander verbunden [Lang 1979]. Teil dieses Fasernetzes ist außerdem die Vagina bulbi, auch „Tenonsche-Kapsel“ genannt. Zwischen dieser und der Episklera ergibt sich ein flüssigkeitsgefüllter Raum, der dem Bulbus seine Bewegungen ermöglicht [Manson 1986a]. Außerdem gehen von ihr drei verstärkte Faserzüge als Retinacula zur lateralen, inferioren und medialen Orbitawand, welche zur Befestigung des Auges an der knöchernen Umgebung dienen. Zwei weitere Bänder, das „Whitnall´sche“ Ligament und das „Lockwood´sche“ Ligament, positionieren den Bulbus in seiner Ruhelage. Er wird dadurch näher am oberen und am lateralen Rand als an den gegenüberliegenden Seiten fixiert [Lang 1979].

3.1.2.2 Muskulatur

Für die Bewegung des Bulbus sind folgende Muskeln verantwortlich: der M. rectus medialis, lateralis, superior und inferior (= MRI) sowie die superiores und inferiores Musculi obliqui. Mit Ausnahme des M. obliquus inferior haben alle Muskeln den Ursprung am Anulus tendineus communis, einem Sehnenring vor der Mündung des Canalis opticus und der FOS. Der M. obliquus inferior verläuft im Gegensatz dazu, von seinem Ursprung hinter dem Orbitarand und vor dem Saccus lacrimalis ausgehend, quer zur Längsachse des Bulbus, an dem er dorsal inseriert. Nach kaudal trennt ihn eine dünne Schicht an Fett vom Orbitaboden. Kranial wird er vom M. rectus inferior überkreuzt, welcher dem Canalis infraorbitalis und auf dem Orbitaboden aufliegt. Alle Muskeln ziehen dabei geradlinig von ihrem Ursprung zum Bulbus, nur der Muskelzug des M. obliquus superior wird durch eine knorpelige Trochlea abgelenkt, welche am Os frontale angehängt ist. Dadurch werden die Fasern des Muskels von ihrer ursprünglichen ventralen Richtung entlang der superiomedialen Orbitawand nach dorsal und quer zur Längsachse des Bulbus abgelenkt [Lang 1979]. Die Abbildung 3.4 visualisiert die Lagebeziehung der einzelnen Muskeln in der Orbita sowie die dadurch möglichen Bewegungen.

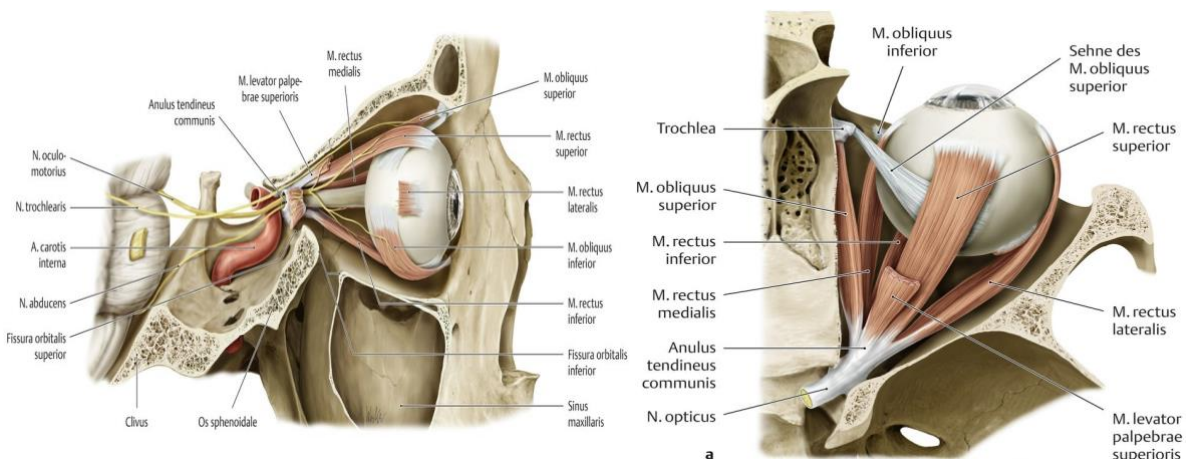


Abb. 3.4: Augenmuskeln in der Orbita [Schünke 2009]

3.1.2.3 Gefäße und Nerven

Die Orbita ist durch die Arteria (= A.) ophthalmica sehr gut mit Blut versorgt. Sie entspringt der A. carotis interna und verzweigt sich in die A. lacrimalis, A. ethmoidalis anterior und posterior, A. supraorbitalis und Aa. ciliares. Zusätzlich verläuft im Canalis infraorbitalis die gleichnamige Arterie aus der A. maxillaris. Der venöse Abfluss wird durch die Vena (= V.) ophthalmica superior und inferior ermöglicht, welche mit dem Plexus pterygoideus und der V. facialis in Verbindung stehen [Turvey 2012].

Die sensorische, motorische und vegetative Versorgung erfolgt durch fünf verschiedene Hirnnerven. Der für das Sehempfinden zuständige Nervus (= N.) opticus (II. Hirnnerv) tritt durch das Foramen opticum in die Orbita ein. Sensible Sinneswahrnehmungen ermöglicht der N. trigeminus und zwei seiner drei Äste: der N. ophthalmicus und der N. maxillaris. Zwei Äste des zweiten Trigeminusastes, der N. zygomaticus und der N. infraorbitalis, dringen durch die FOI in die Orbita ein. Der N. infraorbitalis verläuft durch den oben beschriebenen gleichnamigen Sulcus und Kanal bis zum Foramen infraorbitale. Die motorische Innervation erfolgt durch den N. oculomotorius für den M. rectus medialis, superior und inferior und obliquus inferior. Der N. abducens versorgt den M. rectus lateralis und der N. trochlearis den M. obliquus superior. Die vegetative Versorgung erfolgt zum Einen durch parasymphatische Fasern des N. oculomotorius, welche im Ganglion ciliare umgeschaltet werden, zum Anderen durch parasymphatische Fasern aus dem Ganglion pterygopalatinum, die mit dem N. zygomaticus und dem N. lacrimalis die Glandula erreichen. Sympathische Fasern stammen vom Plexus caroticus internus und laufen mit dem N. nasociliaris durch das Ganglion ciliare. [Lang 1979]

Diese ausführliche Analyse der anatomischen Begebenheiten ermöglicht das Verständnis

der Klinik der Orbitatraumatologie, welche in den folgenden Abschnitten beschrieben wird.

3.2 Die Klinik der Orbitatraumatologie

3.2.1 Epidemiologie und Ätiologie

Traumata der köchernen Orbita können durch verschiedene Formen der Krafteinwirkung entstehen. Ursächlich dafür sind Verkehrsunfälle, Arbeitsunfälle, Sportunfälle und Rohheitsdelikte. Bezüglich der Häufigkeit unterscheiden sich die Angaben in der Literatur. Joos sieht Verkehrsunfälle als Hauptursache, gefolgt von Arbeits-, Sportunfällen und Rohheitsdelikten [Joos 1996]. Mehrere andere Autoren beschreiben in ihren Studienpopulationen hingegen Rohheitsdelikte als häufigsten Grund [Chi 2010, Ellis 1985, Gosau 2011, Nolasco 1995]. Die verschiedenen Aussagen lassen sich durch unterschiedliche demographische und soziale Einflüsse der einbezogenen Personengruppen erklären. Eine Fraktur der Orbita erleiden generell häufiger männliche als weibliche Patienten. Männer sind dabei am häufigsten im Alter zwischen 20-29 Jahren und Frauen zwischen 40-44 Jahren betroffen [Brady 2001, Chi 2010, Nolasco 1995]. Je nach Art und Größe der Krafteinwirkung entstehen Orbitafrakturen isoliert oder im Rahmen von zentralen, zentrolateralen oder lateralen Mittelgesichtsfrakturen und unterscheiden sich dadurch stark in ihrem Ausmaß [Baumann 2002, Converse 1967, Jaquier 2007]. Ellis et al. beobachtete bei 43,9 % seiner Patienten mit Brüchen von Gesichtsknochen eine Beteiligung der Orbita [Ellis 1985]. Trümmerfrakturen der Orbita und kombinierte Frakturen mit anderen Knochen des Mittelgesichts entstehen meist durch Hochgeschwindigkeitstraumata und große äußere Krafteinwirkungen [Cruz 2004, Jaquier 2007]. Für isolierte „blow-out“-Orbitafrakturen, gemäß der Definition nach Smith und Regan, oder „blow-in“-Frakturen [Dingman R.-O. 1964] gibt es zwei verschiedene Erklärungsansätze: Der erste von Pfeiffer, sowie von Smith und Regan postulierte Mechanismus wird als „hydraulic-force“-Mechanismus bezeichnet [Pfeiffer 1943, Smith 1957, Waterhouse 1999]. Er wird als eine erhöhte intraorbitale Drucksteigerung durch Krafteinwirkung auf den Bulbus und das umliegende Gewebe beschrieben, welches den Druck an die schwachen Wände der Orbita abgibt. Diese frakturieren dann im Sinne eines Herausplatzens [Converse 1957, Kriens 1980, Pfeiffer 1943, Smith 1957]. Der zweite Ansatz wurde als „buckling-Theorie“ im Sinne einer Krafteinwirkung auf die Ränder der Orbita postuliert. Die Kraft wird an die Wände weitergeleitet, wodurch diese frakturieren [Le Fort 1901, Tessier 1972a, b, Waterhouse 1999]. Mit der Definition des Begriffs „blow-out“ wurde die Theorie der „hydraulic-Force“ von Smith und Regan untermauert und weltweit

verwendet. Später durchgeführte experimentelle Studien konnten jedoch erneut das klinische Bild dieser typischen Frakturkonfiguration durch die „buckling-Theorie“ belegen [Fujino 1974a, Fujino 1974b, Phalen 1990, Tajima 1974]. Waterhouse et. al. wiesen letztendlich in einer Kadaverstudie nach, dass beide Mechanismen zu einer klassischen „blow-out“-Fraktur führen. Beim „buckling“-Mechanismus entstanden kleinere, auf den Orbitaboden beschränkte Frakturen ohne Weichgewebsherniation. Bei Krafteinwirkung auf den Augapfel ergaben sich zusätzlich Frakturen der medialen Wand sowie des Orbitadachs und eine Verlagerung des Weichgewebes in den Frakturspalt [Waterhouse 1999]. Rhee et. al. konnten in einer weiteren Kadaverstudie als Beweis für die „hydraulic“-Theorie zeigen, dass 2940 Millijoule (= mJ) für eine Fraktur des Orbitabodens nötig sind. Ab 4900 mJ erzielte er eine Herniation von Gewebe und bei 6860 mJ frakurierte die mediale Wand mit. Daraus lässt sich schließen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit beide Mechanismen verantwortlich für die Entstehung der variierenden klinischen Bilder der „blow-out“-Fraktur sind [Rhee 2002]. Abbildung 3.5 stellt die verschiedenen Richtungen der Krafteinwirkung, welche die beiden Frakturmechanismen auslösen können, bildlich dar.

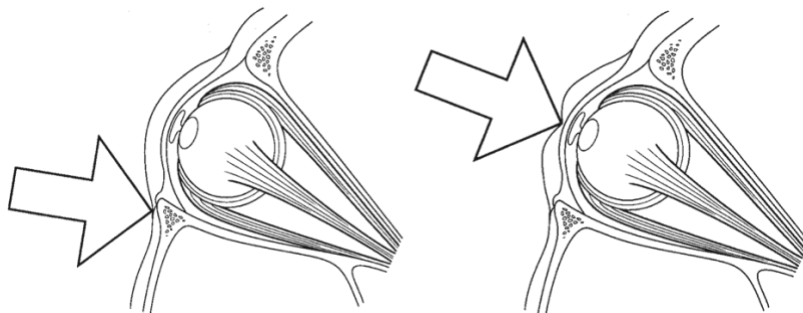


Abb. 3.5: Frakturmechanismus der „blow-out“-Fraktur; 1: „buckling-Theorie“; 2: „hydraulic-Theorie“; Quelle: [Waterhouse 1999]

Für die „reine“ „blow-in“-Fraktur wird ein der „hydraulic-Theorie“ ähnlicher Pathomechanismus vorgeschlagen. Durch Krafteinwirkung auf den Sinus maxillaris oder frontalis kommt es zu einer lokalen Druckerhöhung und Fraktur mit Verlagerung der Knochenwand in die Orbita. Andere Erklärungen sind beim Auftreten eines Jochbeintraumas eine durch Rotation bedingte Verlagerung der Wände in die Orbita oder ein Knicken des Bodens nach kranial durch Kraftübertragung im Sinne eines „buckling-Mechanismus“ [Antonyshyn 1989, Dingman R.-O. 1964, Godoy 1985, Raflo 1984].

3.2.2 Fraktureinteilung

3.2.2.1 Kombinierte Orbitafrakturen

Orbitafrakturen in Kombination mit Frakturen des Gesichts stellen ein häufiges Bild im klinischen Alltag dar [Ellis 1985]. Bei den Fraktureinteilungen des Mittelgesichts ist der Boden der Orbita bei einer Le Fort-II Fraktur sowie nach der Einteilung nach Wassmund bei Typ I und II frakturiert. Zusätzlich sind die mediale und laterale Wand bei der Le Fort III-Fraktur und den Frakturtypen III und IV nach Wassmund betroffen [Le Fort 1901]. Dabei ist anzumerken, dass diese beiden Einteilungen als historisch anzusehen sind. Des Weiteren resultiert aus Frakturen des Jochbeinkörpers, sogenannte Tripoidfrakturen, häufig eine Fraktur der lateralen Wand und des Orbitabodens, was sich durch die typischen Frakurlinien an den Suturen erklärt: der Sutura zygomaticofrontalis, zygomaticosphenoidalis und zygomaticomaxillaris [Hausamen J.-E. 2012]. Der Bruch des Jochbeins ist dabei die häufigste aller Mittelgesichtsfrakturen [Aksoy 2002, Horch 2006]. Zusätzlich können Traumata des Naso-orbito-ethmoidal-Komplexes und kaudale Stirnbeinfrakturen die mediale Wand, sowie das Dach der Orbita betreffen. Sie ähneln bezüglich der Symptomatik isolierten Orbitafrakturen und sollten mit der gleichen Diagnostik abgehandelt werden [Hausamen J.-E. 2012].

3.2.2.2 Isolierte Orbita(wand)frakturen

Isolierte Orbitafrakturen betreffen fast ausschließlich den Orbitaboden und die mediale Wand. Sie sind an der lateralen Wand und am Orbitadach als äußerst selten anzusehen [Joos 1996, Kriens 1980]. Verschieden große Krafteinwirkungen auf die Orbita resultieren in unterschiedlichen Arten von Brüchen: Zertrümmerung von Wänden, lineare Brüche und Verlagerung von Wänden nach außen und innen. Die beiden letzten Arten werden dabei als „blow-out“- beziehungsweise (= bzw.) „blow-in“-Frakturen bezeichnet. Smith und Regan präsentierten 1957 Untersuchungen zur Ätiologie dieses speziellen Traumas und definierten den Begriff „blow-out“-Fraktur als ein Heraussprengen des Orbitabodens mit dabei intakt gebliebenem Rand und der Verlagerung von Orbitainhalt [Smith 1957]. Converse definierte den Begriff später noch einmal genauer und beschrieb frakturierte und verlagerte Wände mit intaktem Rand als „reine“ und bei Fraktur des Orbitarands als „unreine“ „blow-out“-Frakturen. Wichtig hierbei ist noch einmal die deutliche Abgrenzung zu linearen, Trümmer- und kombinierten Frakturen. Hier trifft der Begriff „blow-out“ nicht zu, obwohl ebenso Orbitainhalt verlagert sein kann, da er nur in Kombination mit seiner speziellen Pathogenese des Herausplatzens benutzt werden darf [Converse 1967]. Generell ist zu erwähnen, dass „reine“

„blow-out“-Frakturen der medialen Wand in der Literatur des vergangenen Jahrhunderts als selten angesehen werden [Mirsky 1979, Rumelt 1972, Thering 1979]. Mit Einführung der CT-Diagnostik nahm die Zahl der festgestellten Fälle jedoch zu, woraus sich schließen lässt, dass aufgrund der variierenden Symptomatik und der schwierigen früheren Röntgendiagnostik viele Fälle nicht erkannt wurden [Davidson 1975, Jin 2000, Kriens 1980, Mathog 1991, Nolasco 1995]. Der Orbitaboden frakturiert dennoch häufiger, was sich durch seine geringe Stärke im Durchmesser sowie durch die fehlende knöcherne Unterstützung, aufgrund des kaudal liegenden Sinus maxillaris, erklären lässt. Die mediale Wand dagegen ist trotz ihrer papierdünnen Struktur durch die Cellulae ethmoidales strukturell verstärkt, wodurch sich die geringere Frakturanfälligkeit verstehen lässt [Converse 1967]. Häufig werden kombinierte Frakturen der medialen Wand und des Orbitabodens beobachtet, welche durch ein höheres Maß an Krafteinwirkung entstehen [Brady 2001, Burm 1999, Rhee 2002, Waterhouse 1999]. Zur Frakturentität der „blow-in“-Frakturen ist zu sagen, dass sie im Vergleich zu den „blow-out“-Frakturen als „reine“ Form äußerst selten auftreten [Antonyshyn 1989, Lighterman 1979].

Eine eigenständige Frakturentität stellt der Grünholzbruch des Orbitabodens bei Jugendlichen dar. Diese wird auch als „white-eyed blow-out“- [Jordan 1998] oder „Trapdoor“-Fraktur bezeichnet. Bedingt durch eine höhere Elastizität des jugendlichen Orbitabodens entsteht diese Frakturart zunächst als linearer Bruch mit Verlagerung von Orbitainhalt. Ein Teil des Bodens wird nach außen gedrückt und federt anschließend wieder in seine Ausgangsposition zurück, wodurch Gewebe eingeklemmt werden kann [Phan 2012]. Die Mehrheit der Autoren beschreibt diesen Frakturtyp ausschließlich bei Kindern, einzelne berichten jedoch auch über Fälle bei jungen Erwachsenen [Ethunandan 2011, Kakizaki 2006, Kum 2009, Neinstein 2012, Parbhu 2008]. Die klinische Diagnostik gestaltet sich dabei oft schwierig, da oft nur geringe Weichteilverletzungen, Blutungen, Ödeme oder radiologische Anzeichen vorliegen. Eine reduzierte Augenbeweglichkeit oder ein okulokardialer Reflex sind oft die einzigen Hinweise [Phan 2012]. Eingeklemmte Muskeln sollten dabei so schnell wie möglich operativ befreit werden, um Nekrosen zu vermeiden [Bansagi 2000, Sires 1998].

3.2.2.3 Klassifikationen

Für Verletzungen der knöchernen Orbita existieren eine Vielzahl an Klassifikationen und Einteilungen in Schemata. Dies ist wahrscheinlich zum Einen durch ihre große Variabilität und zum Anderen durch ihre Zugehörigkeit zu anderen Frakturtypen bei kombinierten Brüchen zu erklären. Deswegen finden sich Frakturen der lateralen Wand, gleichbedeutend

mit Frakturen des Jochbeinkörpers, in Einteilungen zu den lateralen Mittelgesichtsfrakturen wieder. Mehrere Autoren haben dabei verschiedene Einteilungen publiziert, diese beinhalten dabei in unterschiedlicher Ausführlichkeit folgende Gruppen:

1. Jochbogenfraktur
2. Nicht-dislozierte Frakturen entlang ein oder mehrerer Suturen
3. Dislozierte Frakturen an ein oder mehreren Rändern in verschiedenen Achsen
4. Trümmerfrakturen

[Knight 1960, Larsen 1978, Zingg 1992]

Markowitz et. al beschreiben für den Naso-orbito-ethmoidal-Komplex eine Klassifikation der Frakturlinien in Bezug zum Ansatzpunkt des Ligamentum palpebrale mediale bzw. des dortigen Knochens. Für das Orbitadach gilt keine einheitliche Klassifizierung. Es wird entweder in einzelne Klassifizierungen von Stirnhöhlen- und frontobasalen Frakturen aufgenommen oder isoliert bei internen Orbitafrakturen kategorisiert [Gonty 1999, Haug 2002, Madhusudan 2006]. Neuere Kategorisierungen entwickelten sich durch die standardisierte CT-Diagnostik. So beschreiben Harris et. al eine Einteilung von Orbitabodenfrakturen in Bezug zu verlagertem Weichgewebe [Harris 2000]. Nolasco et. al. treffen eine ähnliche Einteilung für mediale Wandfrakturen in Kombination mit den anderen Wänden anhand von CT-Bildern [Nolasco 1995]. Bei der von Jaquier et. al entwickelten Kategorisierung wird die Orbita wie ein Kleeblatt auf zwei Dimensionen reduziert und die Frakturen dann auf die jeweilige Wand bezogen in ein vorderes, mittleres und hinteres Drittel eingeteilt. Laterale Orbitawandfrakturen sind in dieser Kategorie ausgeschlossen. Sie gilt ausschließlich für interne Frakturen der Orbita. Es resultieren fünf Kategorien, welche in Tabelle 1 zusammen gefasst sind [Jaquier 2007].

Tab. 1: Kategorisierung nach Jaquier [Jaquier 2007]

Kategorie	Beschreibung
1	Defekt von 1-2 cm ² des Bodens oder der medialen Wand in den Zonen 1 und 2
2	Defekt >2 cm ² des Bodens oder der medialen Wand in den Zonen 1 und 2

3	Defekt $>2 \text{ cm}^2$ des Bodens oder der medialen Wand in den Zonen 1 und 2; kein Knochen medial des Infraorbitalkanals vorhanden
4	Defekt des ganzen Bodens und der medialen Wand bis ins posteriore Drittel
5	Defekt des ganzen Bodens und der medialen Wand bis ins posteriore Drittel mit Involvement des Daches

Abbildung 3.6 zeigt vier der fünf Gruppen der Kategorisierung nach Jaquier et al.

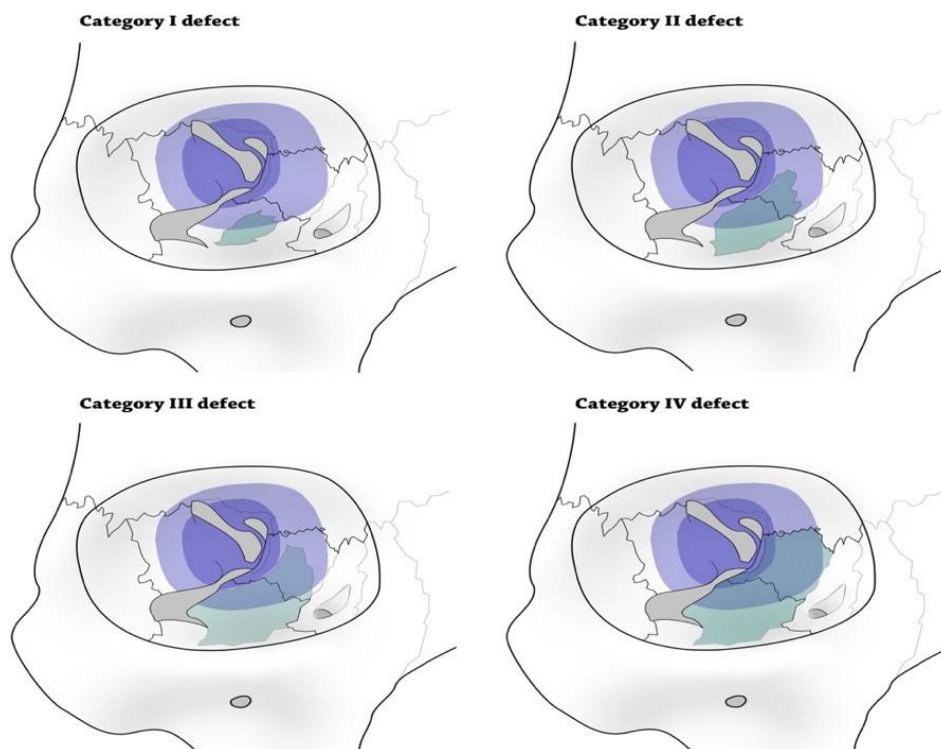


Abb. 3.6 Bildliche Darstellung der Kategorisierung nach Jaquier (ohne Kategorie 5) [Dubois 2015a]

Keines der oben genannten Schemata hat sich bis heute klinisch etabliert hat und wird einheitlich in allen Kliniken verwendet wird [Dubois 2015a].

3.2.3 Symptome und Diagnostik

3.2.3.1 Symptome

Verletzungen der Orbita unterscheiden sich bezüglich ihrer Symptomatik sehr stark. Manche Frakturen resultieren in völliger Beschwerdefreiheit, andere in starker Symptomausprägung [Brady 2001]. Voneinander zu unterscheiden sind dabei Symptome, welche die knöcherne Orbita, das Auge, Muskeln oder Nerven betreffen.

Frakturstellen an den Orbitaländern resultieren oft in Schmerzen und einer Stufenbildung an der entsprechenden Stelle. Zusätzlich können bei ausgeprägten Orbitadachfrakturen "Dellen" in der Stirn am Os frontale imponieren, sowie bei der Jochbeinfraktur mit Impression eine Abflachung seiner Prominenz. Diese Anzeichen gelten in der klinischen Diagnostik als sichere Frakturzeichen. Ist das Jochbein bei einer Fraktur disloziert, bedeutet das als Folge eine Verlagerung des lateralen Lidbandes. Klinisch kann eine Ptosis des Oberlids resultieren. Bei Verlagerung des Os lacrimale ergibt sich eine veränderte Position des medialen Bandes. Traumata im Gesichtsbereich ergeben dabei außerdem recht häufig eine Verletzung der Weichgewebsintegrität. Dieser folgen Schwellungen und Hämatome. Bei Orbitaverletzung werden Letztere einseitig als Monokelhämatom, beidseitig als Brillenhämatom und in kleineren Fällen als Ecchymosis bezeichnet. Sind bei Frakturen die Nasennebenhöhlen (= NNH) zur Orbita hin eröffnet oder im Trauma beteiligt, kann es zur Epistaxis kommen. Zusätzlich dazu führt diese abnorme Verbindung bei Druckaufbau im NNH-System möglicherweise zum Emphysem [Hausamen J.-E. 2012]. Benharbit et al. berichten als Folge davon über Kompression des N. opticus [Benharbit 2003]. Generell wird Luft in der Orbita jedoch als wenig gefährlich angesehen [Cruz 2004]. Aus Frakturen der Orbita, im Sinne von "blow-out"- oder Trümmerfrakturen, resultiert eine Volumenerweiterung der Orbita. Daraus kann sich als Folge ein Enophthalmus ergeben, welcher aber zunächst durch Schwellungen oder Ödeme maskiert sein kann und sich erst nach einiger Zeit zeigt. Bei "blow-out"-Frakturen ergibt sich diese Symptomatik mehr durch ein Prolabieren von Fett bei gerissener Periorbita als durch einen kompletten Verlust der knöchernen Unterstützung des Bulbus [Converse 1967, Hausamen J.-E. 2012, Manson 1986a]. Klinisch zeigt sich dies in einer vertikalen Dystopie, Pseudoptosis, einer Retroposition des Bulbus und der Vertiefung der supratarsalen Falte [Chiasson 2010]. Im Gegensatz dazu können Schwellungen und Blutungen zu einem Exophthalmus führen. Dieser wird folglich auch als Indiz für ein Retrobulbärhämatom gesehen, welches normalerweise zu Inzidieren ist. Verläuft die Frakturlinie im Orbitaboden oder sind die Knochen gegeneinander verschoben, kann der N. infraorbitalis in seiner Funktion beeinträchtigt oder beschädigt sein. Diese

Symptomatik wird sehr häufig beobachtet [Brady 2001, Chi 2010].

Zusätzlich kommt es bei mehr als einem Viertel aller Patienten mit einem Trauma der Orbita zu Verletzungen des Augapfels [Kreidl 2003]. Hierbei sind Hyposphagma, Hyphaema, Commotio retinae und eine Abrasion der Cornea als Häufigste zu nennen. Schwerwiegende Verletzungen des Bulbus im Sinne einer Ruptur oder einem Riss in der Retina, sowie Dislokation der Linse sind weitaus seltener [Chi 2010]. Diese Arten von Verletzungen können aber verhindern, dass das knöcherne Trauma sofort versorgt werden kann [He 2007]. Ein weiteres häufiges Symptom, welches mit einem Trauma der Orbita assoziiert ist, sind Doppelbilder, verursacht durch Motilitätsstörungen von einem oder mehreren der sechs extraokulären Muskeln. Dabei kann vom Ausmaß der Beeinträchtigung der Bewegungen auf die Größe des Traumas geschlossen werden [Jank 2003b]. Ursächlich dafür sind Einklemmungen von Muskeln oder orbitalen Septen, Schädigungen des Muskels, Hämatome, Schwellungen, Fibrosen und Nervschädigungen beschrieben [Converse 1967, Koornneef 1982, Smith 1957]. Die Bewegung des Auges ist dabei am häufigsten beim Blick nach oben, oben außen und lateral eingeschränkt. Dies ist durch Beeinträchtigung des M. rectus inferior, M. obliquus inferior und M. rectus medialis zu erklären. Doppelbilder können jedoch auch beim Geradeausblick, sowie bei Abwärtsbewegungen des Auges beobachtet werden, was zur wissenschaftlichen Diskussion über die Ursachen geführt hat [Hausamen J.-E. 2012, Koornneef 1982]. Am ehesten wäre ein den M. obliquus inferior innervierender Ast des N. oculomotorius für Einschränkung der Blickbewegung nach unten in Erwägung zu ziehen, wobei Nervverletzungen generell als unwahrscheinlich angesehen werden [Illiff 1999, Manson 1986a]. Smith et. al sahen als Ursache eine Einklemmung sowie eine Ischämie der Muskeln, bedingt durch Kompression der Frakturenden, was von vielen akzeptiert wurde [Smith 1957, Smith 1984]. Andere Autoren erachten jedoch in der Beeinträchtigung des von Koornneef et al. beschriebenen Fasernetzwerkes den Grund für die variablen Diplopien, welche durch die Theorie von Smith et. al., besonders im Falle von Diplopien beim Geradeausblick, nicht ausreichend begründen werden können [Koornneef 1977a, b, 1979, 1982, 1988, Oei 1978]. Zusätzlich beschreiben Illif et al. Narbenbildung und Putterman et al. Schwellungen und Hämatome mit sekundärer Fibrose als Ursache für die Störung der Muskelbewegung [Illiff 1999, Putterman 1974]. Die Diskussion über die Gründe von Diplopien bzw. Motilitätsstörungen wirkt sich, neben anderen Punkten, stark auf die Indikationsstellung für bzw. wider einer chirurgischen Therapie bei Orbitafrakturen aus, was als eigenständiges Thema in einem nachfolgendem Kapitel aufgearbeitet wird.

3.2.3.2 Klinische Untersuchung

Ist der primär konsultierte Arzt nach stattgefundenem Trauma kein Augenarzt, ist es üblich, zur genaueren Diagnostik und zur Abklärung von okulären Notfallsituationen den Patienten an diesen zu überweisen [Bertram 2011]. Die Anamnese sowie das klinische Bild der oben genannten typischen Symptome führen relativ schnell zur Verdachtsdiagnose eines orbitalen Traumas. Um weitere Frakturen auszuschließen erfolgt das Abtasten von häufigen Frakurlinien am Orbitarand inklusive seiner Suturen sowie aller anderen Gesichtsschädelknochen. Diese werden bimanuell auf abnorme Beweglichkeit überprüft. Das Fehlen dieser sicheren Frakturzeichen schließt jedoch die speziellen Frakturen der Orbita, wie „trapdoor“ oder „blow-out“, nicht aus [Welkoborsky 2016]. Anschließend erfolgt eine Sensibilitätsprüfung mit besonderem Augenmerk auf Hypästhesien des N. infraorbitalis. Zudem können Funktionsuntersuchungen der Augenmuskulbewegungen bereits vor der radiologischen Untersuchung Hinweise auf Ort und Ausmaß der Fraktur geben. Die Ursachen für eine eingeschränkte Bewegung sind jedoch, wie bereits erwähnt, vielfältig. Der Traktionstest oder „forced-duction“-Test ermöglicht die Unterscheidung zwischen Lähmung oder Einklemmung eines Augenmuskels, was besonders für das Operationstiming ausschlaggebend ist. Bei diesem wird die Konjunktiva anästhesiert und der Bulbus mit einer Pinzette bewegt [Hausamen J.-E. 2012]. Zusätzlich erfolgt die Beurteilung der Bulbusstellung, sowie die Palpation des Bulbus. Durch diese ist es möglich einen angestiegenen Augeninnendruck zu erkennen. Insgesamt sollten diese Befunde durch einen Augenarzt genauer verifiziert werden [Welkoborsky 2016].

3.2.3.4 Ophthalmologische Untersuchung

Erfolgt die ophthalmologische Untersuchung vor einer anderen Erstuntersuchung, spielt für den Augenarzt die Anamnese und die Abklärung von allgemeinmedizinischen Symptomen eine außerordentlich wichtige Rolle. Wird ein Augenarzt konsiliarisch zur Untersuchung hinzugezogen, erfolgt immer zunächst die Anamnese mit speziellen Fragen zum Auge und seinem Bewegungsapparat. Notfallsituationen, die das Auge betreffen, sollten in jedem Fall erkannt oder ausgeschlossen werden. Anschließend erfolgt eine genaue Inspektion, da eine große Anzahl an Pathologien hierbei schon erkannt werden kann. Die genauere Untersuchung der Hornhaut, der Vorderkammer und der Augenlinse erfolgt unter Zuhilfenahme einer Spaltlampe. Zudem ist bei jeder Diagnostik der Visus, die Stellung des Globus, Tonometrie, Perimetrie, eine Pupillendiagnostik, Motilitätsprüfung, Ophthalmoskopie sowie die Sensibilität des N. infraorbitalis zu überprüfen bzw. durchzuführen [Bertram 2011, Powell 2012, Welkoborsky 2016].

3.2.3.5 Bildgebung

Die radiologische Untersuchung mittels CT ist heute der Goldstandard der Bildgebung bei einem Trauma der Orbita [Kubal 2008]. Die beste Untersuchungsmöglichkeit erhält man dabei durch ein CT mit Schichtdicken von ein bis zwei Millimetern und anschließender multiplanarer Rekonstruktion [Kubal 2008, Lin 2012]. Konventionelle Röntgebilder werden heute nicht mehr zur Diagnostik verwendet, da eine Detektion der Frakturen nur mit höchstens 78 % Sicherheit erfolgt und eine Beurteilung der Weichgewebe sehr schwierig ist [Iinuma 1994]. Anhand der CT-Bilder ist die Aufgabe des Radiologen zunächst potentielle Notfallindikationen für eine OP zu erkennen, wie zum Beispiel retrobulbäre Hämatome, eine Bulbusruptur oder eine Kompression des N. opticus [Welkoborsky 2016]. Anschließend werden die knöchernen Orbitawände mit Augenmerk auf verlagertes Weichgewebe inspiziert. Besonders bei jugendlichen Patienten mit „trapdoor“-Frakturen können die Hinweise im CT geringfügig sein und imponieren oft nur als fissurale Fraktur mit Weichgewebsherniation [Neinstein 2012]. Besonders bei schwieriger klinischer Diagnostik sind radiologische Hinweise auf Muskelinkarzerationen äußerst wichtig. Anschließend erfolgt die genaue Evaluation der Globusbestandteile, um Hinweise auf Verletzungen des Auges zu erkennen. Zuletzt spielt das Erkennen von Fremdkörpern in der Orbita eine große Rolle im Bezug auf die zusätzliche Anfertigung einer Magnetresonanztomographie (= MRT) Aufnahme. Metallische Teile können im MRT zur Erblindung führen, sollte es versäumt werden sie vorher im CT zu erkennen und anschließend zu entfernen. Ist eine Entfernung nicht möglich ist die Anfertigung eines MRTs ausgeschlossen [Kubal 2008, Lin 2012]. Für Metall ist das CT im Gegensatz zu Holz- oder Glasplittern glücklicherweise äußerst sensitiv [Adesanya 2007, Gor 2001, Lin 2012]. Vorteile der Untersuchung mittels MRT sind die genauere Weichgewebesdifferenzierung und geringe Strahlenbelastung für die Linse, was besonders bei Jugendlichen eine Rolle spielt. Für einen gute Aufnahme darf sich der Patient jedoch längere Zeit nicht bewegen, was sich im Zustand eines akuten Traumas häufig schwierig gestaltet. Die Untersuchung mittels MRT wird derzeit nur bei speziellen klinischen Fragestellungen verwendet [Kolk 2009, Kubal 2008, Lin 2012, Zammit-Maempel 2003].

3.2.4 Therapie

3.2.4.1 Operationsindikationen und Timing

Smith und Regan definierten 1957 „blow-out“-Frakturen nicht nur als eigenständige Fraktorentität und äußerten Vermutungen zum Entstehungsmechanismus, sondern gaben

gleichzeitig eine Therapieempfehlung für diese. Es wurde ein chirurgischer Eingriff innerhalb von sieben Tagen nach dem Trauma befürwortet, um gute Ergebnisse zu erzielen [Smith 1957]. Beinflusst durch diese Studie und einer Vielzahl an weiteren Publikationen, wurde die schnelle chirurgische Therapie als alleiniges Mittel zur Wiederherstellung von Funktion und Ästhetik gesehen [Cunningham 1962, Lerman 1964, Reeh 1966]. Bowers et al. propagierten hingegen als Erste einen gegensätzlichen, konservativen Ansatz für „blow-out“-Frakturen ohne Symptome [Bowers 1964]. Wohl auch bedingt durch Berichte über Komplikationen oder persistierende Symptome nach der OP [Converse 1967, Emery 1971, Kohn 1976, Nicholson 1971] schlossen sich Lerman et al. dieser Meinung für Fälle mit geringer Symptomatik an [Lerman 1970]. Aufgrundessen war es nun allgemein akzeptiert bis zu sieben Tage abzuwarten [Koornneef 1982]. Putterman et al. zeigten sich durch den in ihrer Studie publizierten Ansatz, als absolute Verfechter der konservativen Behandlung. Sie befürworteten es, Patienten vier bis sechs Monate zu beobachten, die Symptome abklingen zu lassen, und nur bei persistierenden Problemen zu operieren [Putterman 1974]. Mit Einführung des CTs zur genaueren Diagnostik und der Relativierung der oben genannten extremen Ansichten, erfolgte die Einteilung der Traumakonfigurationen in Fälle, welche eine sofortige (innerhalb von Stunden), eine frühe (innerhalb von zwei Wochen) oder eine späte operative Therapie notwendig machen. Diese gelten dabei auch für Orbitafrakturen der Wände und des Randes, welche nicht als reine „blow-out“-Frakturen bezeichnet werden [Dubois 2015b, Hawes 1983, Koornneef 1982]. Heute akzeptierte Indikationen für einen sofortigen Eingriff bei Orbitafrakturen sind dabei ein entstehendes Retrobulbärhämatom mit Kompression auf den Bulbus und den N. opticus [Germino 2005] und eine „trapdoor“-Fraktur mit vorhandenem okulokardialen Reflex [Bansagi 2000, Egbert 2000, Sires 1998]. Eine frühe chirurgische Intervention ist indiziert bei einem primärem Enophthalmus von größer als 2 Millimetern (= mm), Diplopie bedingt durch Bulbusfehlstand (Hyp-/ Enophthalmus), sowie Diplopie mit Nachweis von inkarzerierten Muskeln im CT oder positivem „forced-duction“-Test. Zusätzlich kann eine Operation (= OP) von der Größe der Fraktur abhängig gemacht werden: kombinierte Frakturen der medialen Wand und des Bodens mit einer Fläche von 2 cm² sollten operativ versorgt werden. Bei Traumata mit geringer Symptomatik und geringer Weichteilverlagerung im CT sollte abgewartet werden, um eventuelle Schwellungen, Kontusionen oder Hämatome abklingen zu lassen. Nach 14 Tagen erfolgt eine Reevaluation der Indikationsstellung [Burnstine 2002, Gart 2014, Hausamen J.-E. 2012]. Hierbei lässt sich nun das klinische Dilemma bezüglich der beiden Symptome Diplopie und Enophthalmus erkennen. Begründet sich die Diplopie durch eine Inkarzeration, wäre zur Prävention von möglichen Fibrosen und Nekrosen sowie möglichen anhaltenden Muskelbeeinträchtigungen

eine frühe chirurgische Therapie gewinnbringend [Kushner 1982, Wachler 1998]. Sind die Doppelbilder jedoch durch oben genannte Weichteilverletzungen wie ein Emphysem oder Schwellungen begründet, ist ein abwartendes Verhalten ausreichen, um dem Patienten mögliche Komplikationen und Gefahren des Eingriffs zu ersparen [Tang 2011]. Eine ausführliche Bewertung des CTs ist hier als wichtigster Punkt zur Differenzierung der beiden Situationen zu nennen. Es ist jedoch bis heute nicht klar, ob die Symptomatik nicht auch durch das den Muskel umgebende Septen-System verursacht wird, welche im CT nicht eindeutig sichtbar ist. Eine Beeinträchtigung dieses Fasernetzwerks kann in CT-Bildern als Einklemmung von Weichgewebe bzw. Fett nur abgeschätzt werden. Somit ist bei der Einklemmung von Fett ohne Beteiligung von Muskeln die Prognose erschwert [Burnstine 2002, Dubois 2015b, Hausamen J.-E. 2012, Iliff 1999, Oei 1978]. In Bezug auf das Auftreten eines Enophthalmus und seinen Therapiezeitpunkt ergibt sich eine ähnliche Problemstellung wie bei der Doppelbildsymptomatik. Üblicherweise sinkt der Bulbus erst mit Abklingen der Schwellung ab, weswegen ein Enophthalmus erst später erkannt werden kann und die operative Therapie verzögert erfolgt. Eine frühe Behandlung wird jedoch als prognostisch günstiger angesehen. Generell ist ein Enophthalmus von mehr als zwei Millimetern eine OP-Indikation. [Bayat 2010, Bruccoli 2011, Hawes 1983, Shin 2013]. Möglicherweise vorhandene Missempfindungen, Gefühlseinschränkungen oder Schmerzen am N. infraorbitalis können durch Operationen vollständig behoben oder gelindert werden. Es ist dabei immer das generelle Risiko des Eingriffs mit dem Nutzen einer OP abzuwägen, da Parästhesien des Nerves sich auch mit der Zeit ohne Therapie verbessern bzw. diese auch nach einer Operation persistieren können. Empfindet der Patient starke Schmerzen oder stört sich an der Missempfindung, ist eine chirurgische Therapie in jedem Fall indiziert [Boush 1994, Burnstine 2002, Tengtrisor 1998]. Aufgrund der Variabilität der Frakturen und deren unterschiedliche Weichteilkonfigurationen ergibt sich eine anhaltende Diskussion über das Für und Wider einer Operation. Zusätzlich findet sich in der Literatur eine heterogene Studienlage, welche sich im Hinblick auf Ausmaß, Lokalisation und Größe der Weichgewebsherniation und Art des inkarzerierten Gewebes unterscheiden. Dadurch hat sich bis heute keine einheitliche Indikationsstellung in den verschiedenen Zentren ergeben [Dubois 2015a, Schouman 2012b]. Vor allem bei kleinen Frakturen mit geringem Enophthalmus und sich langsam bessernden Motilitätsstörungen ist das Verhalten des Weichgewebes der Orbita nur schwierig abzuschätzen und eine OP nicht immer eindeutig vorteilhaft [Dubois 2015a, b, Hausamen J.-E. 2012]. Eine Reihe an Studien hat sich mit den beschriebenen Fragestellungen beschäftigt und versucht Zusammenhänge zwischen CT-Bildern und Symptomen herzustellen. Damit soll die Indikationsstellung im Falle unklarer

klinischer Symptome für eine etwaige Therapie erleichtert werden [Chiasson 2010, Gilbard 1985, Schouman 2012b]. Diese Studien werden nachfolgend genauer aufgearbeitet, weil sie für die Zielsetzung dieser Arbeit eine wichtige Rolle spielen.

3.2.5.2 Bewertung und Neuentwicklung von OP-Indikationen mittels CT

Gilbard et al. analysierten in ihrer Studie koronare CT-Schnittbilder bezüglich des Ausmaßes von Weichgewebsverlagerung und Beeinträchtigung des Musculus rectus inferior bei Orbitabodenfrakturen. Der Muskel wurde dabei in seiner Form und Lage zum Knochen beurteilt. Alle Patienten mit eingeklemmten Muskeln klagten einen Monat nach dem Trauma über Doppelbilder. Zusätzlich konnte ein Enophthalmus nur bei großen Weichgewebsverlagerungen beobachtet werden. Traumakonfigurationen dieser Art sehen die Autoren als Indikation für eine operative Therapie, was wie oben beschrieben heutiger Standard ist [Gilbard 1985]. Manson et al. konnten zusätzlich feststellen, dass das im CT sichtbare Ausmaß der Weichgewebsverlagerung aus der Orbita mehr als die eigentliche Frakturgröße zur Entstehung eines Enophthalmus beiträgt [Manson 1986a, Manson 1986b]. Weitere, darauf folgende Forschungsarbeiten konnten diesen Zusammenhang erneut bestätigen [Choi 2016, Jin 2000]. Neuere Studien beschäftigen sich außerdem mit dem Ausmaß der Verlagerung des Muskels. Schoumann et al. unterzogen ihr Patientengut mit Orbitabodenfrakturen einer Reevaluation bezüglich der OP-Indikation. Sie stellten dar, dass Patienten mit größerer Verlagerung des MRI im Verhältnis zum Boden in ihrer Klinik immer operiert wurden. Fast alle Patienten ohne Verlagerungen wurden konservativ behandelt. Die Autoren diskutieren dabei die Verlagerung als neues Beurteilungsmaß für Orbitabodenfrakturen [Schouman 2012b]. Diese Ansicht teilen Higashino et al., welche für ihre Patienten mit konservativer Behandlung nachweisen konnten, dass es bei einer Verlagerung von mehr als der Hälfte seines Durchmessers im koronaren CT-Bild häufiger zu persistierender Diplopie und Enophthalmus kommt [Higashino 2011]. Die Ergebnisse von Rhee et al. bestätigen diese Annahme [Rhee 2014]. Neben der Lage beurteilten andere Autoren die Form des Muskels als Parameter zur Vorhersage von postoperativen Beeinträchtigungen sowie eines Enophthalmus. Matsunaga et al. konnten eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für postoperative Beeinträchtigungen im Sinne von Diplopien aufzeigen, wenn der Muskel präoperativ geschwollen war [Matsunaga 2011]. Andere Autoren wiesen nach, dass eine Formveränderung des Muskels im CT von rund zu gestreckt bzw. elliptisch als ein vielversprechender Indikator für einen Enophthalmus gesehen werden kann. Sie sprechen sich deswegen dafür aus eher diesen Faktor als die Frakturgröße zu berücksichtigen [Chiasson 2010, Matic 2007]. Die Forschungsgruppe um Jank et al.

untersuchte präoperative Motilitätstörungen in Abhängigkeit vom Ausmaß der Weichgewebsverlagerung und der Dislokation von Frakturfragmenten in coronaren CT-Bildern. Sie konnten darstellen, dass ein ausgeprägter Weichgewebsprolaps die präoperative Motilität beeinflusst. Dies unterstreicht wiederum die Relevanz der Beurteilung des Ausmaßes der Weichgewebsherniation in der präoperativen Diagnostik, im Sinne einer Beeinträchtigung des Fasernetzwerks [Harris 2000, Jank 2003b]. Da nach wie vor viele Autoren ihrer Entscheidung bezüglich einer operativen Therapie von der Defektgröße abhängig machen, gibt es heute zudem eine Vielzahl an Berechnungsmethoden und -programmen zur Ermittlung von eben dieser [Dubois 2015a, Hwang 2009, Jin 2000, Ploder 2001]. Wie die Ergebnisse dieser Arbeiten zeigen, nehmen CT-Befunde durch ihre klinische Relevanz eine äußerst wichtige Rolle in der Indikationsstellung für die jeweilige Therapie ein [Dubois 2015a]. Trotzdem variieren die Gründe für oder gegen eine Operation nach wie vor in den verschiedenen Kliniken, da bis heute kein suffizientes Schema vorhanden ist, nach dem die präoperativen CT-Bilder im Hinblick auf Schweregrad des Traumas und den damit assoziierten Symptomen analysiert werden [Harris 2000].

3.2.5.3 Operative Zugänge

Ist die Indikation für eine chirurgische Therapie gestellt, sind für den operativen Zugang verschiedene Möglichkeiten in der Literatur beschrieben. Diese variieren vor allem in Bezug darauf, welcher Teil der Orbita erreicht werden soll und wie groß sich die Fraktur darstellt. In der Literatur wird das Für und Wider der jeweiligen operativen Zugänge stark diskutiert. Für alle Inzisionsmöglichkeiten sind dabei Vorteile wie auch Risiken und Komplikationen beschrieben. Die Auswahl des Zugangs hängt dabei zu großen Teilen von der persönlichen Präferenz des Chirurgen ab [Cruz 2004, Kothari 2012]. Für den Orbitaboden ist zuerst der kutane Infraorbitalschnitt zu nennen. Die Inzision erfolgt in einer Hautfalte oberhalb des Infraorbitalrands circa neun Millimeter unterhalb der Lidkante. Daraufhin folgt die Präparation durch die Haut und den Musculus orbicularis oculi zum Septum orbitale. Das Septum wird durch Abheben der Periorbita vom Infraorbitalrand abgelöst. So erhält der Operateur schnell Zugang zum Orbitaboden. Aufgrund ästhetisch ungünstiger Narben und häufiger Komplikationen wird dieser Zugang jedoch nach heutiger Ansicht nicht mehr favorisiert [Bähr 1992, Crosara 2016, Holtmann 1981a].

Der subziliare Zugang unterscheidet sich zum Vorherigen durch die Höhe der Schnittführung, welche in diesem Fall zwei Millimeter unterhalb der Lidkante anzusetzen ist. Von dieser ausgehend kann vor dem M. orbicularis oculi ein reiner Hautlappen präpariert werden oder die Inzision auch durch den Muskel erfolgen und somit ein Muskel-Haut-Lappen

abgelöst werden [Bähr 1992, Garber 1987]. Die Variante des „skin-only“-Lappens wird jedoch mit mehr Komplikationen assoziiert [Wray 1977]. Als Kombination beider Varianten bezeichnet man die „step“-Technik des Muskel-Haut-Lappens. Dabei wird nach der Hautinzision zunächst einige Millimeter nach kaudal rein subkutan präpariert und dann der Muskel durchtrennt. Präseptal erfolgt dann das weitere Vordringen zum Orbitarand. Das Ablösen der Periorbita ermöglicht es schließlich zum Orbitaboden zu gelangen [Converse 1944, Holtmann 1981a, Manson 1987, Rohrich 2003, Subramanian 2009].

Die subtarsale Inzision ist als Abwandlung der „skin-muscle“-Präparation beschrieben. Dabei wird der Schnitt fünf bis sieben Millimeter unterhalb der Lidkante, direkt kaudal des Tarsus gesetzt und der Muskel einige Millimeter unterhalb durchtrennt. Das weitere Vorgehen erfolgt präseptal und analog dem subziliären Zugang [Bähr 1992, Subramanian 2009]. Als größte Einschränkung aller transkutanen Inzisionen wird die Narbenbildung gesehen. Eine große Anzahl an Autoren beschreibt dabei die subziliäre Narbe als kosmetisch günstiger, wobei einige andere auch die Ergebnisse des subtarsalen Schnitts als überlegen ansehen [Feldman 2011, Heckler 1983, Subramanian 2009, Wolfe 1988]. Weitere Komplikationen in Form von Ektropium bzw. „scleral-show“ werden häufiger mit dem subziliären als dem subtarsalen Zugang in Verbindung gebracht [Kothari 2012]. Der Begriff Ektropium bedingt durch Narbenzüge beschreibt das Auswärtsskippen des Lids, mit dem Verlust des Kontakts zwischen Lidkante und Augenoberfläche. Folgen davon sind Konjunktivits, Lagophthalmus, Austrocknung der Hornhaut und eine Störung des Tränenabflusses.

Die Abbildung 3.7 stellt die verschiedenen Zugänge zum Orbitaboden bildlich dar.

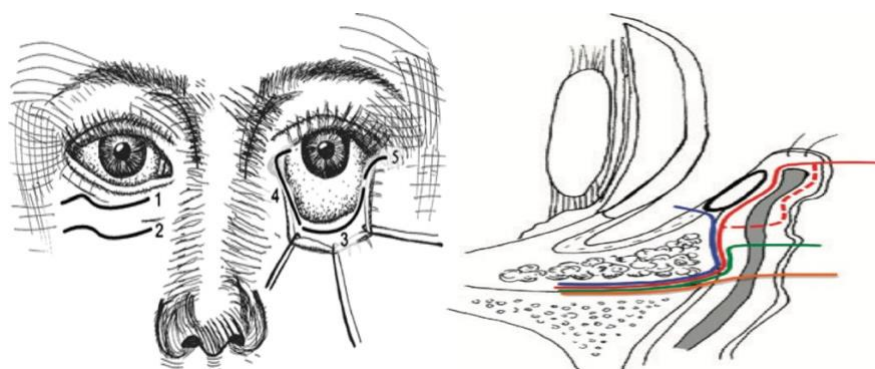


Abb. 3.7 Zugangsvariationen: 3.7.1; 1. Subtarsal, 2. Infraorbital, 3. Transkonjunktival, 4. Transcarunculär, 5. Transconjunctival mit lateraler Kanthotomie, 3.7.2; 1. Subziliär (Rot durchgezogen), 2. Subziliär stepped (Rot gepunktet), 3. Transconjunktival (Blau), 4. Subtarsal (Grün), 5. Infraorbital (Orange) [Kothari 2012]

Der 1924 von Bourget erstmals beschriebene transkonjunktivale Zugang löst das Problem der ästhetischen Nachteile der transkutanen Zugänge. Er wurde von Tessier für die Orbitachirurgie eingeführt und wird nach der Durchtrennung der Konjunktiva entweder präseptal oder retroseptal durchgeführt. Letzteres wird jedoch, falls das orbitale Septum noch intakt ist, favorisiert. Bei dieser Vorgehensweise kann das Fett der Orbita nicht in den OP-Bereich prolabieren [Converse 1973, Holtmann 1981b, Tessier 1973]. Zusätzlich zum kosmetischen Vorteil zeigen die Ergebnisse mehrerer Studien, dass diese Art von Zugang mit weniger Komplikationen assoziiert ist [Baumann 2001, Goldberg 1990, Patel 1998, Wray 1977]. Das Auftreten eines Ektropiums bzw. „skleral-show“, sowie von Lidödemen ist aber auch für diese Art des Zugangs beschrieben [Kothari 2012]. Die transkonjunktivale Inzision wird generell als technisch anspruchsvoller angesehen und der Operateur benötigt mehr Zeit, um diesen durchzuführen [Holtmann 1981b, Kothari 2012].

Der kaudale Anteil der medialen Orbitawand kann durch einen subziliaren oder transkonjunktivalen Zugang dargestellt werden [Bähr 1992, Hausamen J.-E. 2012]. Für Frakturen, welche sich weiter nach kranial erstrecken, kann die transkonjunktivale Inzision mit einem transkarunkulären Schnitt erweitert werden. Die transkarunkuläre Inzision wird zudem auch als eigenständige Inzision verwendet, was der Operateur je nach Größe der Fraktur entscheidet. Die Präparation erfolgt dabei durch die Karunkula präseptal und hinter dem Horner´schen Muskel zum dorsalen Ende der Fossa lacrimalis. Dort wird die Periorbita inzidiert, wodurch die Fraktur eingesehen werden kann. Für diese Art von Zugang sind in der Literatur nur wenige Komplikationen angegeben [Baumann 2001, Graham 2002, Lee 2009a, Perry 2003, Shorr 2000]. Zudem ist sie anderen transkutanen Zugängen für die mediale Wand, welche wie die klassische Lynch-Inzision zu inakzeptablen Narben führen, in Bezug auf Größe der exponierten Fläche und Ästhetik überlegen [Baumann 2001, Edgin 2007]. Abbildung 3.8 veranschaulicht den transkarunkulären Zugang.

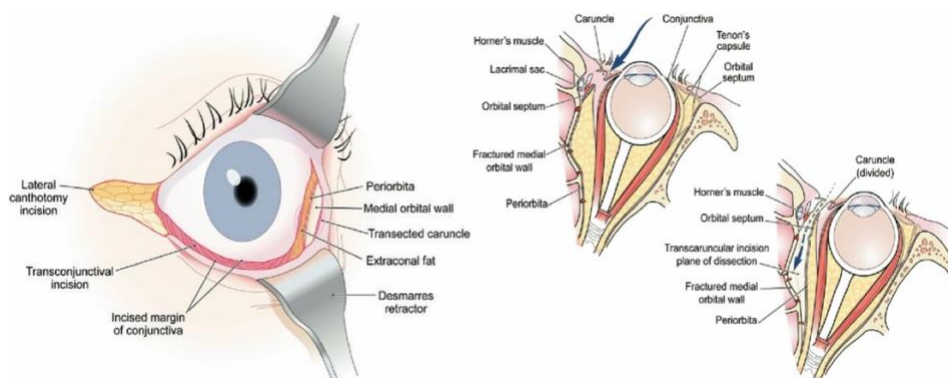


Abb. 3.8: Transkarunkulärer Zugang [Edgin 2007]

Für ausgedehnte Frakturen der kranialen medialen Wand, des Orbitadachs sowie den kranialen Anteilen des Jochbeins besteht zusätzlich die Möglichkeit, einen bikoronaren Bügelschnitt zu verwenden. Die Inzision beginnt dabei am oberen Ende der Helix und verläuft dem Haaransatz folgend, aber immer posterior davon, zur Gegenseite. Der Schnitt kann dabei nach präauriculär ausgedehnt werden. Aufgrund des seltenen Auftretens von Komplikationen, sowie seiner ästhetischen Vorteile erfreut sich dieser Zugang bei ausgeprägten Frakturen großer Beliebtheit [Kumar 2016]. Für die Therapie lateraler Mittelgesichtfrakturen stehen außerdem weitere transkutane Möglichkeiten, wie der Supraorbitalschnitt, zur Verfügung. Diese und die von einigen Autoren favorisierte Option endoskopisch zu operieren, sollen an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber aufgeführt werden [Chen 2001, Persons 2002, Strong 2004].

3.2.5.4 Rekonstruktionsmaterialien der operativen Therapie

Im Laufe der Jahre wurden in der Literatur eine Vielzahl an verschiedenen Materialien zur Rekonstruktion der Orbita beschrieben. Diese lassen sich als Biomaterialien folgendermaßen einteilen: autolog, alloplastisch, allogene und xenogene. Potter et al. beschreiben dabei allgemeine und spezielle Anforderungen bezüglich der Verwendung in der Orbitatraumatologie, welche in Tabelle 2 zusammengefasst sind [Potter 2004, Potter 2012]:

Tab. 2: Anforderung an Rekonstruktionsmaterialien [Potter 2004, Potter 2012]

Ideale Eigenschaften von Biomaterialien	Faktoren für die Orbitarekonstruktion
biokompatibel	Defektgröße
nicht-kanzerogen	Beteiligung mehrerer Wände
nicht-allergen	Adaptation an innere Konturen
kostengünstig	Volumenrestoration
sterilisierbar	Prävention von Dislokation
einfache Handhabung	Frühe oder späte Rekonstruktion
radioopak	Risiko bei weiterem Trauma
stabilisierend	Adhäsion/Restriktion von Weichgewebe
chemisch inert	Erhalt der Sinuskavität(en)

Hierbei ist zu sagen, dass bis heute keines der angewendeten Materialien alle Anforderungen erfüllt. Der Chirurg muss die Vor- und Nachteile in Bezug auf die jeweilige Frakturkonfiguration abwägen [Potter 2004].

Autologer Knochen zur Rekonstruktion von Defekten galt lange Zeit als Goldstandard der Therapie. Es ist das bisher am meisten benutzte Material und wird nach wie vor verwendet [Courtney 2000, Potter 2012, Schlickewei 2007]. Vorteile des autologen Knochens sind seine Stabilität, Formbarkeit, das Vaskularisationspotential, eine Inkorporation in den ortsständigen Knochen, geringe Infektionsgefahr, geringe Expositionsgefahr und geringe Abstoßungsgefahr durch den Körper [Chowdhury 1998]. Als Entnahmestelle hat sich die Calvaria bewährt, da sie im selben Operationsgebiet liegt und große Mengen an Knochen bietet [Ilankovan 1992]. Zudem sind weitere Entnahmestellen beschrieben: Mandibula, Maxilla, Ilium und Rippe [Bagatin 1987, Girdler 1992, Potter 2012]. Diese, inklusive der Calvaria, haben alle den entscheidenden Nachteil der Entnahmemorbidity sowie das Auftreten von unkontrollierten Resorptionen in verschiedenem Ausmaß [Courtney 2000, Sugg 2013]. Aufgrund dessen wurden bis heute eine Vielzahl anderer Materialien verschiedenen Ursprungs verwendet, um bessere Ergebnisse zu erzielen. Die am häufigsten benutzten werden in der nachfolgenden Tabelle zur Übersicht dargestellt:

Tab. 3: Einteilung der Rekonstruktionsmaterialien [Avashia 2012, Courtney 2000, Potter 2012]

Autolog	Alloplastisch	Allogen	Xenogen
Knochen: Calvaria Rippe, Ilium, Maxilla, Mandibula,	resorbierbar: Polylactid, Polyglykolsäure, Polydioxanon	Dura	porciner Ursprung
Knorpel: Nase, Ohr	Titanmesh, Bioaktives Glas, Nylon, Porous- Polyethylen, Teflon, Silastics	DHB (Demineralisierter Menschlicher Knochen)	boviner Ursprung

Allogene Materialien werden nach heutigem Stand nicht oder sehr wenig benutzt, da bei der

Verwendung von gefriergetrockneter Dura die Übertragung der Kreutzfeld-Jakob-Krankheit vermutet wurde. Demineralisierter menschlicher Knochen (DHB) resorbiert außerdem noch stärker als autologer Knochen und ist zudem instabiler [Goldberg 1993, Marx 1991, Sallam 2010]. Auch die restlichen Materialien bieten Vor- und Nachteile und haben daraus resultierende Indikationen und Kontraindikationen.

Nachfolgend wird auf die in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Klinikums rechts der Isar in München verwendeten Materialien genauer eingegangen. Diese sind alle in den alloplastischen Bereich einzuordnen.

1. Titan-Mesh

Titan-Meshes sind wegen der chemischen Eigenschaften des Titans äußerst biokompatibel und osseointegrieren bei direktem Knochenkontakt. Aufgrund dessen sowie wegen der Korrosionsbeständigkeit und Gewebeverträglichkeit werden die Meshes im Körper belassen. Auf dem Markt erhältliches Titan gibt es in vier Härtegraden, wobei die für die Orbitarekonstruktion verwendeten Meshes dem Härtegrad eins entsprechen. Durch die geringere Härte können sie besser an die verschiedenen Konturen der inneren Orbitawände angepasst werden [Ellis 2004]. Trotzdem bietet ein Titan-Mesh ausreichende Stabilität, um auch bei mehrwandigen Frakturen Formstabilität zu gewährleisten [Dubois 2016]. Die korrekte Positionierung kann danach im CT aufgrund seiner Radioopazität verifiziert werden [Potter 2012]. Eine Vielzahl an Autoren berichtet über den zufriedenstellenden klinischen Einsatz, welcher mit keinen oder nur einer sehr geringen Anzahl an Komplikationen einhergeht [Rubin 1997]. Ellis und Tan konnten in ihrer Studie darstellen, dass die Genauigkeit der Rekonstruktion mit Titan-Meshes höher ist als bei der Verwendung von autologem Knochen [Ellis 2003a]. Potentielle Nachteile und Komplikationen werden in der Literatur in Form von Extrusion und Infektion genannt. Diese sind jedoch noch nicht in klinischer Praxis beschrieben worden [Ellis 2003b]. Außerdem birgt das Titan-Mesh Risiken für Verletzungen des orbitalen Weichgewebes bei einem erneutem Trauma und ist äußerst schwer zu entfernen, falls das Rekonstruktionsergebnis nicht zufriedenstellend ist [Potter 2012]. Lee und Nunery berichten in ihrer Studie von sekundärer Diplopie nach Verwendung von Titan-Meshes. Die Diplopie verbesserte sich nach der Entfernung des Meshes, woraus die Autoren auf ein Anhaften der Weichgewebestrukturen an das Titan schlossen [Lee 2009b]. Die Mehrheit der Studien konnte diese Befürchtung nicht bestätigen, weswegen das Titan-Mesh bis heute eine breite Anwendung findet [Gear 2002, Mackenzie 1999]. Ein verbessertes Handling bei schwierigen Traumata, wie etwa bei Verlust des "posteriomedial-

bulge“ oder bei großflächiger Beteiligung mehrerer Wände, ergibt sich durch 3D-vorgeformte Meshes [Andrades 2009, Strong 2013]. Außerdem besteht die Möglichkeit die Titan-Meshes computer-assistiert patientenspezifisch anzupassen, was in einigen Studien als Hilfe bei ausgeprägter Zerstörung der Orbita nachgewiesen werden konnte [Lieger 2010, Metzger 2006, Schon 2006].

2. PDS

Polydioxanon (PDS, Ethicon, Norderstedt, Deutschland) ist ein alloplastisches Material, welches durch Hydrolyseprozesse resorbiert werden kann. Der aliphatische Polyester bleibt dabei bis zu 180 Tage bestehen und kann entweder ohne zusätzliche Fixierung oder mit Schrauben oder Nähten befestigt werden. Die Folie wird zur besseren Passung einfach mit einer Schere in Form gebracht [Potter 2012, Seidl 2000]. Die Studienlage zum Heilungsprozess der frakturierten Wand nach Rekonstruktion mit einer PDS-Folie ist dabei nicht einheitlich. Iizuka et al. konnten in ihrer Studie neu gebildeten Knochen unter der von ihnen platzierten PDS-Folie im Rahmen der CT-Bildgebung erkennen [Iizuka 1991]. In anderen Studien war jedoch nach Resorption der Folie keine Knochenneubildung, sondern nur dickes Narbengewebe vorhanden [Kontio 2001, Krainau 1991]. Dadurch ergibt sich für PDS-Folien die Indikation nur für kleinere Frakturen von maximal 2,5 cm² [Dubois 2016]. Baumann et al. konnten dies durch ihre Studienergebnisse bestätigen, bei denen nur Patienten mit größeren Frakturen einen Enophthalmus entwickelten. Der Autor nahm an, dass die entstandene Narbe das Gewebe nicht ausreichend stützen konnte [Baumann 2002]. Dietz et al. konnten aufzeigen, dass die Qualität der Rekonstruktionen bei kleineren Defekten durch PDS-Folien mit Titan-Meshes vergleichbar sind und die Handhabung dabei einfacher ist [Dietz 2001]. Aufgrund postoperativer Komplikationen wie Gefühlsstörungen, Motilitätseinschränkungen und Enophthalmus sowie dem Nachweis von Fremdkörperreaktionen ist die Verwendung von PDS für Orbitarekonstruktionen in den USA derzeit nicht akzeptiert [Enslidis 2004, Kontio 2001, Potter 2012]. Eine Vielzahl anderer Studien konnten die Benutzung von PDS-Folien jedoch als erfolgreich und komplikationsarm darstellen [Baumann 2002, Beck-Broichsitter 2015, Gierloff 2012, Gosau 2011, Jaquierey 2007].

3. Ethisorb

Ethisorb (Ethicon, Norderstedt, Germany) ist wie PDS ein resorbierbares, alloplastisches Polymer. Ursprünglich wurde Ethisorb zur Behandlung von Dura-Mater Defekten entwickelt [Seidl 2000, Seiler 2000]. Das Material besteht aus Polydioxanon und Polyglactin 910,

welche thermoplastisch verbunden sind [Jank 2003a]. Polyglactin 910 ist besser bekannt unter dem Namen Vicryl und findet Verwendung bei der Herstellung von resorbierbarem Nahtmaterial [Potter 2012]. Ethisorb wird schrittweise, aufgrund der langsameren Resorptionsgeschwindigkeit von Polyglactin durch fibröses Gewebe ersetzt [Gerressen 2012, Kontio 2001, Maurer 1985, Seidl 2000, Seiler 2000]. Die inflammatorische Reaktion ist hierbei gering. Defekte von 4 cm² können damit rekonstruiert und stabilisiert werden. Das Material wird ohne Befestigung in die Orbita eingebracht werden. Weitere Vorteile sind die Verformbarkeit nach Kontakt mit Flüssigkeit und die einfache Formgebung mit der Schere. Zudem ist es relativ kostengünstig [Jank 2003a, Seiler 2000]. Mehrere Autoren konnten den klinischen Nachweis erbringen, dass die Verwendung von Ethisorb zur Rekonstruktion von kleineren Orbitadefekten des Bodens und der medialen Wand geeignet ist. Zudem hat es sich als komplikationsarm erwiesen [Buchel 2005, Jank 2003a, Pohlenz 2013].

3.2.5 Komplikationen

Das Ziel jeder invasiven chirurgischen Therapie ist die Heilung bzw eine Linderung bestehender Symptome. Gosau et al. berichten jedoch bei 3,7 % der operierten Patienten in ihrem Kollektiv von Enophthalmus und bei 3,2 % von persistierender Doppelbildsymptomatik. 5,8 % der nachuntersuchten Patienten hatten postoperativ Bewegungseinschränkungen, 3,2 % intraorbitale Hämatome, 2,6 % ein Ektropium und 0,5 % eine Infektion der Wundstellen [Gosau 2011]. Die prozentualen Angaben unterscheiden sich in der Literatur zwar zu oben genannten postoperativen Komplikationen in ihrer Häufigkeit, jedoch berichten zusammenfassend alle anderen Autoren über dieselben [Gart 2014]. Intraorbitale Hämatome, vor allem in retrobulbärer Lage mit Visusverschlechterung und erhöhtem Bulbusdruck, stellen eine Notfallindikation dar und sind zu entlasten. Kleinere Hämatome können die Muskelbewegung nach der Operation noch beeinträchtigen, sollten sich jedoch im Laufe der Zeit auflösen [Gerbino 2005, Hausamen J.-E. 2012]. Infektionen der Orbita, bedingt durch die traumatisch abnormale Durchgängigkeit derselben zu den Nasennebenhöhlen, sind selten [Silver 1992]. Pathologien des Lids, wie ein auftretendes Entropium oder Ektropium, sind in der Literatur mit verschiedenen Häufigkeiten mit den Inzisionsarten assoziiert worden. Sie sind jedoch nicht im Interesse der hier beschriebenen Studie und sollen deshalb nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Ein Enophthalmus oder Hypophthalmus kann sich nach der Therapie aus mehreren Gründen ergeben. Zum Einen stellt sich eine Bulbusveränderung dar, wenn sich der Chirurg aufgrund einer kleineren Fraktur für eine konservative Therapie entscheidet und das Anschwellen der Orbita einen

primär maskierten Enophthalmus erkennen lässt [Hausamen J.-E. 2012]. Zum Anderen kann er als Folge der chirurgischen Therapie entstehen, wenn diese das Orbitavolumen nicht korrekt wiederherstellt. Zudem wird in der Literatur eine Atrophie des Fettkörpers als Ursache beschrieben, wobei einige Autoren diese Ursache anzweifeln [Manson 1986a, Manson 1986b, Ramieri 2000]. Sekundäre Korrekturen stellen immer eine größere Herausforderung für den Chirurgen dar und resultieren öfter in nicht zufriedenstellenden Ergebnissen [Hammer 1995b, Hausamen J.-E. 2012, Schon 2006]. Eine persistierende Diplopie kann, ähnlich dem Enophthalmus, mit einer insuffizienten Rekonstruktion der Orbita in Zusammenhang gebracht werden [Biesman 1996]. Außerdem zeigt sich die anhaltende Symptomatik oft bei verzögerter Therapie. Einige Autoren sehen den Grund dafür in ischämischen Schäden, verursacht durch Inkarcerationen, welche durch frühe Intervention vermieden werden können [Boyette 2015, Brucoli 2011, Harris 2000, Hossal 2002]. Als weitere Ursachen werden direkte Muskelschäden während des Traumas, sowie eine Beeinträchtigung der die Muskeln versorgenden Nerven gesehen, welche aber deutlich seltener sind [Lyon 1989]. Die Häufigkeit der Komplikationen nach einer OP lassen der sorgsam Abwägung der Therapieentscheidung, wie bereits im Kapitel „Operationsindikationen“ beschrieben, eine große Bedeutung zukommen.

3.3 Ziel und Fragestellung der vorliegenden Studie

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Orbitabodenfrakturen anhand einer in dieser Studie entworfenen Klassifikation im Bezug auf Symptome des Auges und des Orbitainhaltes zu bewerten. Die Einteilung in die Gruppen des Schemas erfolgt anhand der Analyse von fünf Parametern im CT. Dadurch sollen Orbitabodenfrakturen in vier Schweregrade unterteilen werden können. Die Studie behandelt im Speziellen folgende Fragestellungen:

1. Zusammenhang der einzelnen Gruppen der Klassifikationen mit den diagnostizierten Symptomen
2. Zusammenhang der einzelnen im CT erhobenen Befunde mit den diagnostizierten Symptomen. Die erhobenen Befunde im CT sind dabei:
 - a) Frakturgröße
 - b) Emphysem in der Orbita
 - c) Fraktursplitter
 - d) Muskelinkarceration
 - e) Verlagerung des MRI

3. Tauglichkeitsprüfung der Klassifikation im Hinblick auf die Beurteilung von Orbitabodenfrakturen sowie die Reevaluation ihrer OP-Indikationen anhand von CT-Befunden
4. Analyse des Patientenguts mit stattgefundener Orbitafraktur im Hinblick auf Frakturursache, Symptome und epidemiologische Faktoren

4 Studiendesign und Methodik

4.1 Studiendesign

Die Daten dieser Studie wurden retrospektiv im Rahmen einer Analyse von Patientenakten des Klinikums der Technischen Universität München, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, sowie durch Bewertung der zugehörigen CT Bilder gewonnen. Dabei befolgt die Studie gemäß der Deklaration von Helsinki die Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen. Der Ethikantrag für diese Studie wurde von der Ethikkommission der technischen Universität München (TUM) angenommen (Nummer 547/16S). Es wurden alle Patienten eingeschlossen, welche im Zeitraum von 16.02.2011 bis 14.12.2015 an der Klinik stationär operiert wurden und den unter Kapitel 4.2 genannten Einschlusskriterien entsprachen. Anhand von in der Literatur häufig beschriebenen und im klinischen Alltag oft vorkommenden CT-Befunden bei Orbitabodenfrakturen wurde eine Klassifikation zur Einteilung von Orbitafrakturen nach verschiedenen Schweregraden entworfen, welche in der nachfolgenden Tabelle dargestellt ist:

Tab. 4: Kategorisierung von Orbitafrakturen

	Frakturgröße (cm^2)	Inkarzeration Weichgewebe	Verlagerung MRI	Emphysem	Knochen- fragmente
I	<2	nein	1	nein	nein
II	>2	nein	1	nein	nein
III	>2	ja	2	ja	ja
IV	>2	ja	>3	ja	ja

Die Datenerhebung der ophthalmologischen Befunde erfolgte dabei aus schriftlichen Akten. Die Befunde der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen wurden aus schriftlichen und digitalen Aufzeichnungen gewonnen. Die Analyse erfolgte anhand der folgenden Parameter: Geschlecht, Alter, Frakturseite, Aufnahme- und OP-Datum, Frakturart, präoperative Beschwerden und vorhandenes Augenkonsil. Präoperative Beschwerden, diagnostiziert durch die Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen, welche in der Studie betrachtet wurden, waren: Hypästhesie des N. infraorbitalis und Enophthalmus. In die Studie aufgenommene

Diagnosen des Augenarztes, welche aus dem Augenkonsil entnommen wurden, waren: Doppelbilder, Visuseinschränkung, Motilitätseinschränkung, Enophthalmus, Retrobulbärhämatom, Monokelhämatom, Hyposphagma, Ablatio retinae, Contusion des Bulbus, Netzhautödem, Sphinktereinriss, traumatische Mydriasis, Irisabriss und Ablatio retinae. Alle CT-Bilder der Patienten wurden unabhängig nach folgenden Punkten ausgewertet: Frakturgröße, Emphysem, Muskelinkarzerationen, Fraktursplitter, Verlagerung des MRI und Beurteilung des Fraktorausmaßes bezüglich weiterer Wände, neben dem Orbitaboden.

4.2 Patientenkollektiv

In die Studie eingeschlossen wurden nur Patienten, welche im Zeitraum zwischen 16.02.2011-14.12.2015 mit einer Orbitabodenfraktur am Klinikum der Technischen Universität München, in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie operiert wurden. Ausgeschlossen wurden dabei folgende Patienten:

- Fehlendes oder unleserliches Augenkonsil
- Patienten unter 18 Jahren
- Fehlende CT-Bildgebung
- Patienten mit zusätzlichen, separaten Frakturen des Mittelgesichts

Eingeschlossen wurden also im Umkehrschluss nur Patienten mit isolierten Frakturen des Orbitabodens im Sinne von "trapdoor"-, "punched-out" bzw. "blow-out", "blow-in", Trümmer- oder linearen Frakturen. Die Fraktur des Orbitabodens kann fakultativ auch den Orbitarand sowie weitere Wände, zusätzlich zum Boden, betreffen. Unter diesen Kriterien wurden die Akten und CT-Daten von 106 Patienten retrospektiv untersucht.

4.3 Art der klinischen Parametererfassung

Sämtliche von Augenärzten des Klinikums der Technischen Universität München, der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde erhobenen Befunde wurden aus den in den Patientenakten enthaltenen Augenkonsilen in schriftlicher Form entnommen. Nachfolgend wird die Methodik der ophthalmologischen Untersuchung beschrieben:

4.3.1 Motilitätseinschränkung

Zur Überprüfung der Motilität nach einem Trauma wird in der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde eine einfache Motilitätsprüfung angewandt. Dabei führt der Patient die Augenbewegung mit beiden Augen entweder auf Kommando in alle neun diagnostischen Blickrichtungen eigenständig durch oder folgt einem Fixationsobjekt. Ein Zurückbleiben des Auges weist auf eine Motilitätsstörung hin. Zusätzlich wird ein einfacher sowie zur genaueren Diagnostik ein wechselseitiger Abdecktest verwendet. Bei diesem wird, nach Fixierung eines Objekts mit beiden Augen, das nicht schielende Auge abgedeckt. Um mit dem schielenden Auge weiterhin das Objekt zu fixieren, muss der Patient das Auge mit einer Sakkade neu ausrichten. Diese Einstellbewegung gilt dabei als Nachweis für eine Motilitätsstörung.

4.3.2 Doppelbilder

Sind Motilitätsstörungen bzw. ein Strabismus wie oben beschrieben nachgewiesen oder berichtet der Patient anamnestisch über Doppelbilder, werden diese mit einer kinetischen Perimetrie nach Goldmann (Fa. Haag-Streit AG Präzisionstechnik, Liebefeld, Schweiz) überprüft. Dabei fixiert der Patient mit beiden Augen einen Lichtpunkt, welcher auf einem Projektor in Halbkugelform von peripher nach zentral bewegt wird. Der Kopf darf dabei in seiner Position nicht verändert werden. Sieht der Patient ab einer bestimmten Bulbusbewegung Doppelbilder des Lichtpunktes, wird diese Stelle markiert. Durch die Verbindung der so ermittelten Stellen können Bereiche abgegrenzt werden, in denen der Patient Doppelbilder wahrnimmt.

4.3.3 Visuseinschränkung

Die Ermittlung der Sehschärfe (Visus) wird mit einem Sehzeichenprojektor (Firma Bon Optik, Lübeck, Deutschland) durchgeführt, auf welchem dem Patienten sogenannte Opotypen in fünf Metern Entfernung gezeigt werden. Dadurch wird der Fernvisus immer jeweils für ein Auge überprüft. Der Test ist unter optimaler Beleuchtung und Refraktion durchzuführen, wobei es bei Konsultationen nach einem Trauma vorkommen kann, dass der Patient seine Brillengläser eventuell nicht zur Hand hat. Dies wird mit s.c. (= sin correctione) oder c.c. (= cum correctione) im Befund vermerkt. Der Patient gibt dabei an, ab welcher Größe er den Opotypen nicht mehr erkennt. Für jede Größe eines Opotypen ist der Abstand angegeben, bei dem eine Person mit einem Visus von 1,0 den Opotypen noch erkennt (= Soll-Abstand).

Aus dem Quotient vom Ist-Abstand, welcher durch die festgelegte Distanz des Projektors immer fünf Meter beträgt, zum angegebenen Soll-Abstand wird der Visus des Patienten berechnet.

4.3.4 Position des Bulbus

Zunächst erfolgt die erste Beurteilung der vertikalen Bulbusposition im Sinne von Hoch- oder Tiefstand durch Inspektion. Eine genauere Bestimmung der sagittalen Position des Bulbus zur Feststellung eines En- bzw. Exophthalmus wird mit einem Exophthalmometer nach Hertel (Exophthalmometer nach Hertel, Fa. Rodenstock, Ottobrunn, Deutschland) ermittelt. Diese kann nur durchgeführt werden, wenn die laterale Orbitawand intakt ist, da die Sporen des Geräts auf den temporalen Rand beider Orbitae aufgesetzt werden. Durch den Ausschluss von Patienten mit zusätzlichen Mittelgesichtsfrakturen war dieser Fall in unserer Studie immer gegeben. Mit einem Spiegel kann nun auf einer Skala der Abstand des jeweiligen Hornhautscheitels vom seitlichen Orbitarand beim Geradeausblick des Patienten abgelesen werden. In jedem Fall sind die Werte der Bulbusposition immer mit der gesunden Seite zu vergleichen. Eine Diskrepanz von mehr als zwei Millimetern gilt dabei als pathologisch, ist aber immer in Bezug auf eventuelle Gesichtsasymmetrien zu sehen. Abbildung 4.9 zeigt schematische die Anwendung eines Hertel Exophthalmometers.

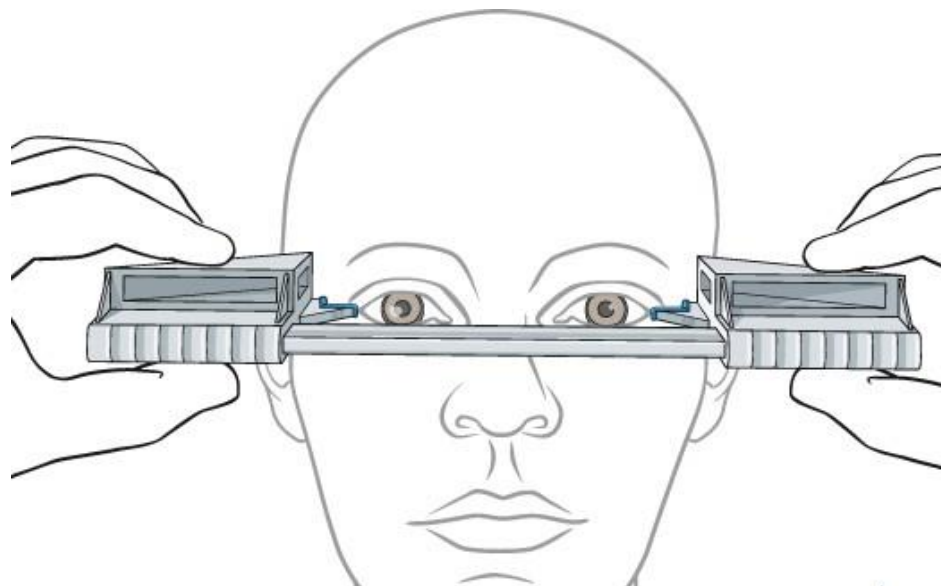


Abb. 4.9: Hertel Exophthalmometer [AOFoundation 2017a]

4.3.5 Hyp-/ Parästhesien des Nervus infraorbitalis

Etwaige Hyp- oder Parästhesien des N. infraorbitalis werden vom behandelnden Arzt durch einen Sensibilitätstest auf zwei Wahrnehmungsqualitäten überprüft. Diese sind das Erkennen bzw. Wahrnehmen von Berührung im Vergleich zur gesunden Seite sowie die Spitz-/ Stumpfdiskriminierung. Die Prüfung einer stumpfen Empfindung wird mit einem Wattestäbchen vorgenommen, die einer spitzen Empfindung mit einer zahnärztlichen Pinzette bzw. Sonde.

4.3.6 Sonstige Befunde

Zur Beurteilung von Verletzungen des Auges im Bereich der Vorderkammer, Iris, Linse oder Hornhaut wird in der Augenklinik des Klinikums rechts der Isar eine Spaltlampe mit Mikroskop verwendet. Diese erzeugt gebündeltes Licht, mit dem man die durchsichtigen Anteile des Auges durchleuchten kann, wodurch es dem Augenarzt ermöglicht wird, die vorderen Anteile des Auges zu untersuchen. Typische Verletzungen und Befunde in diesem Bereich sind das Hyphosagma, Hypaema sowie Hornhauterosionen oder -abrasionen. Zudem können Verletzungen des Sphincter pupillae und eine möglicherweise vorhandene Bulbusruptur erkannt werden. Die Inspektion des Fundus inklusive der Netzhaut, der Macula und der Papilla nervi optici erfolgt immer mittels Ophthalmoskop in direkter oder indirekter Weise. Typische traumatische Veränderungen des Augenhintergrundes sind eine Ablatio retinae, Berlinödeme, Oradialysen oder Rupturen der Aderhaut.

4.4 Radiologische Auswertung

Sämtliche CT-Bilder wurden dem Krankenhausinformationssystem (i.s.h.med SAP, Walldorf Deutschland) des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München entnommen. In diesem erfolgt der Zugang zu den radiologischen Bildern über den klinischen Arbeitsplatz und anschließend das Laden der CT-Aufnahmen über die Schnittstelle im i.s.h.med zum PACS-Viewer. Alle untersuchten CT-Bilder wurden dabei entweder am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München bzw. am Institut für Radiologie, direkt angefertigt oder von den Patienten nach primärer Konsultation in anderen Zentren mitgebracht. Die Aufnahmen am Klinikum Rechts der Isar wurden mit einem 64-zeiligem Spiral-CT-Scanner aufgenommen. Die Scanparameter betragen dabei: 120kV; 240 mAs; 0,625 Kollimation, Gantry Neigung 0 Grad. Die Fremdbilder wurden im DICOM-Format eingescannt und der Akte im i.s.h.med hinzugefügt. Alle CT-Aufnahmen wurden nach den in den folgenden

Abschnitten beschriebenen Methodiken untersucht. Dabei wurden die in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Parameter bestimmt, um eine Einteilung der Fraktur in die bereits beschriebene Klassifikation (siehe Kapitel 4.1, Tabelle 4) zu ermöglichen.

4.4.1 Frakturgröße

Die Frakturgröße wurde durch zwei Längenmessungen der Fraktur bestimmt. Bei Orbitabodenfrakturen wurde die sagittale und koronare Schichtung betrachtet und bei medialen Orbitawandfrakturen die axiale und koronare Schichtung. In allen Fällen wurde der Modus „Knochenfenster“ im Viewer ausgewählt. Die Längenmessung erfolgte mit dem dafür vorgesehenen Tool „Längenmessung“. Das Grundprinzip dieser Funktion basiert in allen Viewern auf dem Satz des Pythagoras, durch den die markierte Distanz berechnet wird: $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. Das Programm berechnet die Anzahl der markierten Pixel. Die Umrechnung von Pixel in Millimeter wird durch das Programm automatisch je nach Bildauflösung durchgeführt. Für die Längenmessung wurden immer die Schnittbilder der Schicht ausgewählt, in der sich die Länge der Fraktur am Größten darstellt. Um das richtige Schnittbild auszuwählen, wurden die Längen in den verschiedenen Schnittbildern gemessen und dasjenige mit der größten Ausdehnung verwendet. Zur Berechnung der Fraktur erfolgte anschließend die Multiplikation der Länge der koronaren mit der sagittalen bzw. der axialen Länge. Bei kombinierten Frakturen wurde dieses Verfahren doppelt durchgeführt. Es wurde einmal der Frakturanteil der den Boden betrifft separat bestimmt, anschließend wurde der Frakturanteil, der die mediale Wand betrifft, gemessen. Die Addition beider Werte ergibt die Größe der kombinierten Fraktur. Abbildung 4.10 zeigt beispielhaft die Längenmessung einer Fraktur in der sagittalen und koronaren Ebene.

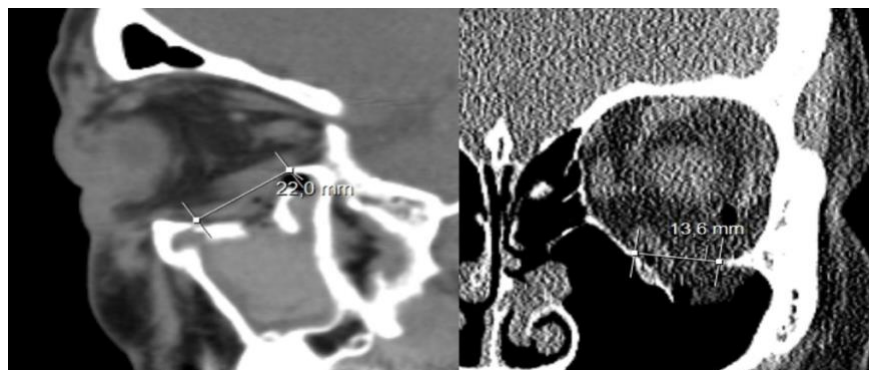


Abb. 4.10 Längenmessung [Quelle: CT-Schnittbild aus dem Archiv des Klinikums Rechts der Isar]

4.4.2 Weitere Frakturwände

Zur Identifizierung der Ausdehnung der Fraktur wurde die vollständige knöcherne Zirkumferenz der Orbita, angefangen am Rand bis zum Apex in anterior-posteriorer Richtung in allen drei Ebenen des CTs analysiert. Dies erfolgte in allen Fällen im Modus „Knochenfenster“. Besonderes Augenmerk wurde auf zusätzliche Frakturen der medialen Wand gelegt, welche in axialer und coronarer Schichtung diagnostiziert werden können. Als Begrenzung des Orbitabodens wurde nach medial die Sutura ethmoidomaxillaris bestimmt, welche als Septum zwischen Kieferhöhle und Cellulae ethmoidales zu erkennen ist. Nach lateral wurde der beginnende Anstieg der lateralen Wand als Referenzpunkt definiert. Stellte sich die Ausdehnung der Fraktur über diese Grenzen hinaus dar, wurde dies vermerkt. Abbildung 4.11 zeigt schematisch die beschriebenen Begrenzungen des Orbitabodens.

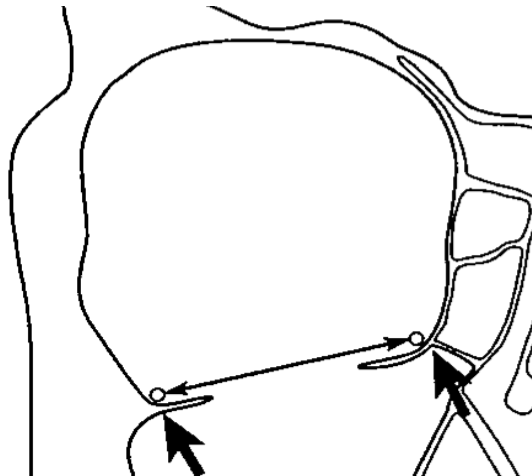


Abb. 4.11: Begrenzung des Orbitabodens [Ploder 2001]

4.4.3 Verlagerung des Musculus rectus inferior (MRI)

Die Verlagerung des MRI wurde immer im Verhältnis zu seiner physiologischen Position kranial des Orbitabodens bestimmt. Dafür erfolgte im Modus „Knochenfenster“ des Viewers in coronarer Schichtung zunächst die Bestimmung des Verlaufs des ursprünglichen Orbitabodens. Es wurden mit dem Tool „Längenmessung“ die beiden Frakturenden verbunden sowie der Verlauf durch Vergleich mit der gesunden Nachbarseite nachgeahmt. Nach dem Wechsel in den Modus „Weichteilfenster“ konnte die Position des Muskels nach folgenden 4 Schweregraden bzw. Gruppen gemäß der Kategorisierung nach Schouman et al. bestimmt werden, welche in Abbildung 4.12 dargestellt ist. [Schouman 2012b]:

1. MRI ist in physiologischer Position kranial des Orbitabodens
2. MRI ist insgesamt nach kaudal verlagert, mehr als die Hälfte seines Umfangs befindet sich kranial des Orbitabodens
3. MRI ist insgesamt nach kaudal verlagert, mehr als die Hälfte seines Umfangs befindet sich kaudal des Orbitabodens
4. MRI ist insgesamt nach kaudal verlagert, sein gesamter Umfang findet sich kaudal des Orbitabodens

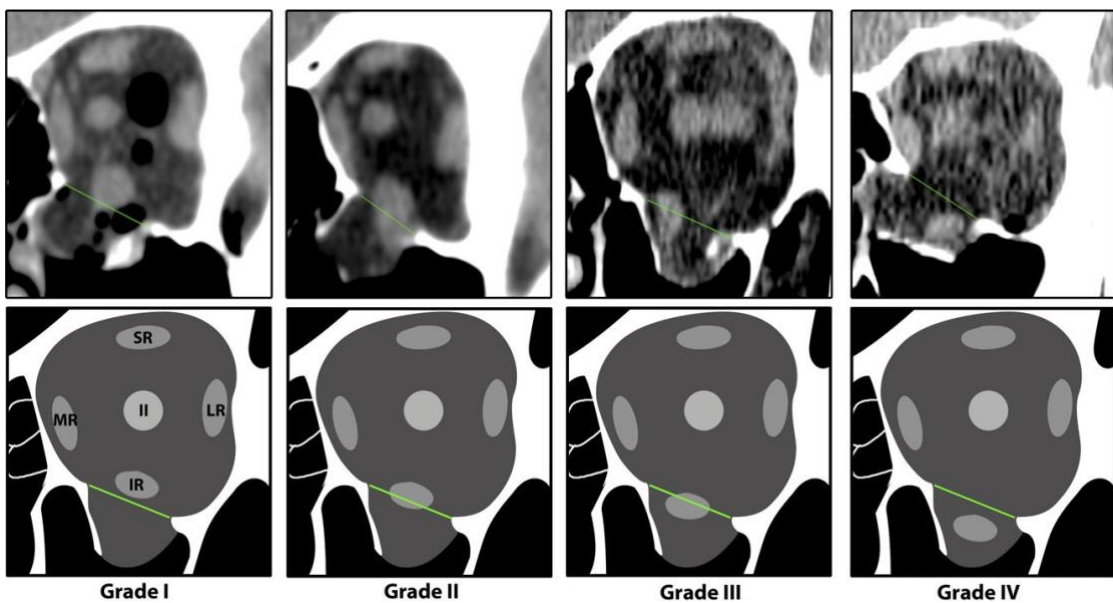


Abb. 4.12: Kategorisierung der MRI-Position nach Schouman [Schouman 2012b]

4.4.4 Inkarzeration

In dieser Studie wurde der MRI als inkarzeriert bezeichnet, wenn im CT-Bild ein Kontakt zu Frakturrenden zu erkennen war. Dies kann entweder im Sinne einer vollständigen Einklemmung beidseits vorkommen oder nur einseitig. Im Falle einer einseitigen Einklemmung wurden diejenigen Muskeln ausgewählt, welche durch die Fraktur in ihrem Verlauf stark beeinträchtigt werden und bei denen ein Frakturende den Muskel in seiner Form beeinflusst und „eindrückt“. Dabei kamen immer die Modi „Weichteilfenster“ und „Knochenfenster“ zu Verwendung, beide in coronarer und sagittaler Schichtung. Diese Analyse des MRI wurde in Anlehnung an eine Studie von Gilbard et al. angewandt [Gilbard 1985]. Abbildung 4.13 zeigt beispielhaft beide Formen der Inkarzeration mit beidseitigem und einseitigem Kontakt zu den Frakturrenden.



Abb. 4.13: Inkarzerationen im CT [Quelle: CT-Schnittbild aus dem Archiv des Klinikums Rechts der Isar]

4.4.5 Intraorbitale Lufteinschlüsse

Luft in der Orbita kann im CT-Bild von seiner weichgewebigen Umgebung aufgrund der verschiedenen Strahlenabsorption abgegrenzt werden. Zur Beurteilung wurde der Modus „Knochenfenster“ verwendet. Luft stellt sich dabei als stark hypodenser Bereich, welcher scharf abgrenzbar ist, dar. Alle Schnittebenen wurden auf das Auftreten von hypodensen Arealen hin untersucht. Ab 4.14 zeigt beispielhaft zwei intraorbitale Emphyseme.

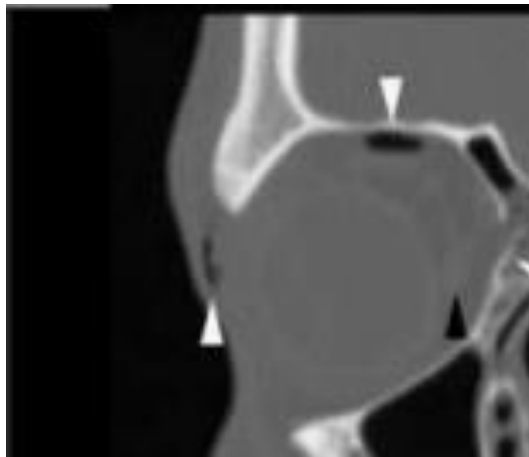


Abb. 4.14: Intraorbitale Emphyseme [Quelle: CT-Schnittbild aus dem Archiv des Klinikums Rechts der Isar]

4.4.6 Intraorbitale Fraktursplitter

Zur Beurteilung, ob Fraktursplitter im Sinne einer „blow-in“- oder Trümmer-Fraktur in der

Orbita vorhanden sind, wurde sie im Modus „Knochenfenster“ des Viewers in koronarer und axialer Schichtung betrachtet. Knochen ist von physiologisch vorhandenem Weichgewebe oder einem eventuell pathologisch vorkommendem Emphysem durch die verstärkte Absorption der Röntgenstrahlen abzugrenzen. Er stellt sich als hyperdenser Bereich im CT-Bild dar. Es wurde die ganze Orbita von anterior nach posterior bzw. von kranial nach kaudal auf Knochensplitter hin untersucht.

4.5 Statistische Methoden

Quantitative Größen wurden anhand von Mittelwert und Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie den Quartilen beschreibend dargestellt und mittels Kolmogorov-Smirnov-Test in den zu vergleichenden Gruppen auf Normalverteilung geprüft. Dabei zeigten sich keine signifikanten Abweichungen von einer Normalverteilung, sodass der Vergleich der Größen mit den hier untersuchten Befunden parametrisch mit dem t-Test für unabhängige Stichproben erfolgen konnte. Um einen Cut-Off-Wert in der Frakturgröße zu ermitteln, welcher die Patienten mit und ohne Doppelbild-Befund trennt, wurde eine ROC-Analyse durchgeführt. Der Cut-Off-Wert wurde über den maximalen Youden-Index ermittelt, welcher die größte Sensitivität mit gleichzeitig maximaler Spezifität anzeigt.

Zu ordinal und nominal skalierten Größen wurden absolute und prozentuale Häufigkeiten angegeben. Diese wurden in Kontingenztafeln gegenübergestellt, sodass mit dem Chi-Quadrat-Test auf Abhängigkeit geprüft werden konnte. Bei zu kleinen erwarteten Häufigkeiten kam der exakte Test nach Fisher zur Anwendung.

Es wurde zweiseitig getestet und ein Signifikanzniveau von 5 % zugrunde gelegt. Für die Durchführung der statistischen Berechnungen wurde IBM SPSS Statistics 24 (SPSS Inc. an IBM Company, Chicago, IL) eingesetzt.

5 Ergebnisse

5.1 Patientenkollektiv

Es wurden sämtliche Patienten in die Studie eingeschlossen, welche im Zeitraum von 16.02.2011 bis 14.12.2015 im Klinikum Rechts der Isar der Technischen Universität München aufgrund einer Orbitabodenfraktur operiert wurden und den Einschlusskriterien dieser Studie entsprachen.

5.1.1 Geschlechtsverteilung

Von den 106 eingeschlossenen Patienten waren 66 (62,3 %) männlich und 39 (36,8 %) weiblich. Bei einem Patienten war keine Angabe zum Geschlecht vorhanden (0,9 %). Abbildung 5.15 verdeutlicht graphisch die Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs.

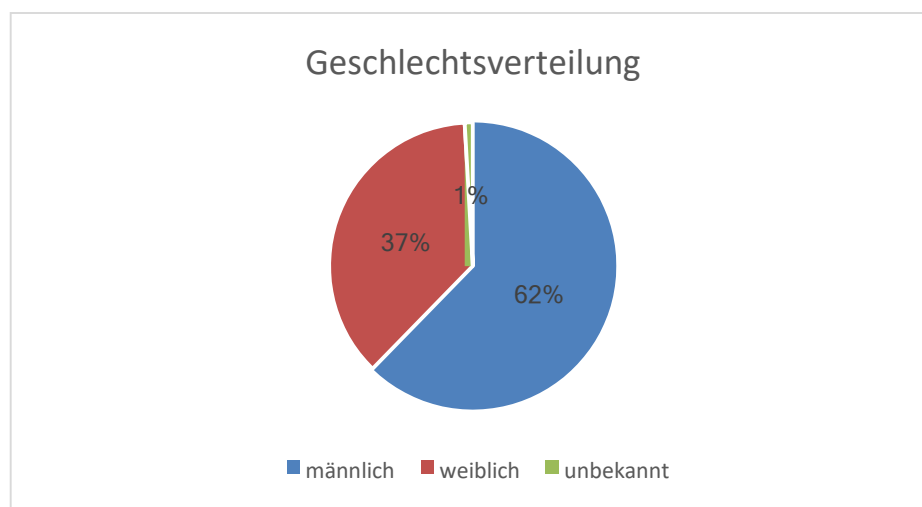


Abb. 5.15: Geschlechterverteilung

5.1.2 Frakturtypen

Von den 106 operierten Patienten erlitten 66 (62,2 %) eine Fraktur, welche ausschließlich den Orbitaboden betraf. Bei 31 Patienten (28,3 %) war zusätzlich die mediale Wand, bei 2 Patienten (1,9 %) die laterale und bei einem (0,9 %) die kraniale Wand der Orbita betroffen. Bei 6 Patienten (5,7 %) konnte das Ausmaß der Fraktur am CT nicht genau bestimmt

werden. Hierbei ist nochmals anzumerken, dass kombinierte Frakturen mit anderen Knochen des Mittelgesichts ausgeschlossen wurden. Abbildung 5.16 stellt die Häufigkeiten der verschiedenen Frakturtypen graphisch dar.

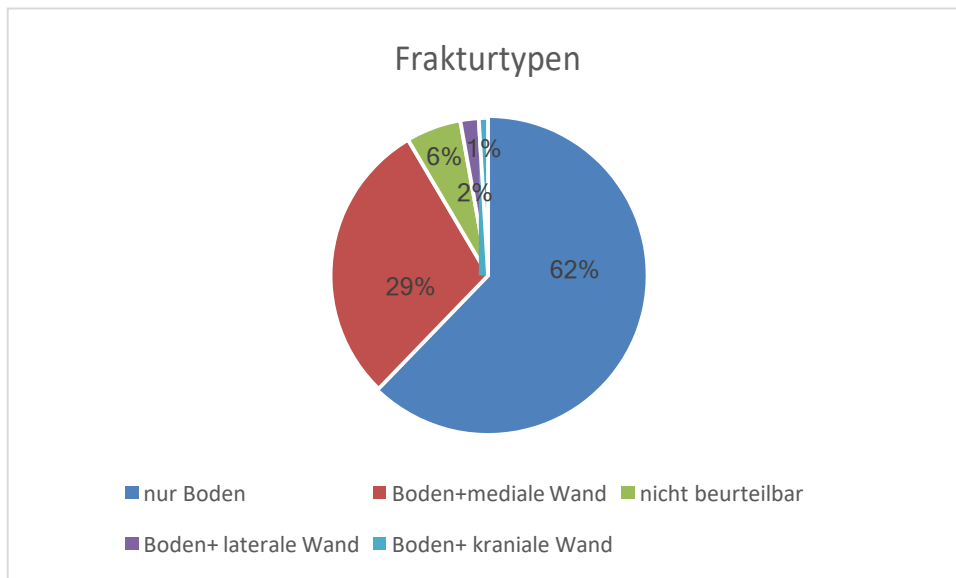


Abb. 5.16: Frakturtypen

5.1.3 Frakturursache

41 Patienten (38,7 %) erlitten ihre Verletzung aufgrund eines Rohheitsdelikts. Bei ebenso 41 Patienten (38,7 %) begründet sich das Trauma durch einen Sturz. Bei 18 Patienten (17 %) ereignete sich der Bruch der Orbita im Rahmen eines Sportunfalls und bei 5 Patienten (4,7 %) durch Verkehrsunfälle. Ein Patient (0,9 %) gab keinen Grund für seine Verletzung an. Tabelle 5 stellt die Häufigkeitsverteilung veranschaulichend dar.

Tab. 5: Unfallursachen

Ursache	Häufigkeiten	Prozente
Rohheitsdelikt	41	38,7 %
Sturz	41	38,7 %
Sportunfall	18	17 %
Verkehrsunfall	5	4,7 %
Keine Angabe	1	0,9 %

Es zeigte sich ein statistischer Zusammenhang zwischen Geschlecht und Frakturursache. Durch Roheitsdelikte bedingte Frakturen erlitten überwiegend Männer (56,1 %), Frauen sind hierbei nur zu (7,7 %) betroffen. Bei Sportunfällen und Verkehrsunfällen waren geschlechtsunabhängig annähernd gleich viele Patienten betroffen (18,2 % männlich zu 15,4 % weiblich, bzw. 3 % zu 7,7 %). Ein Sturz kam hingegen häufiger bei Frauen (69,2 %) als bei Männern (21,2 %) vor (n = 105) (siehe Abbildung 5.17).

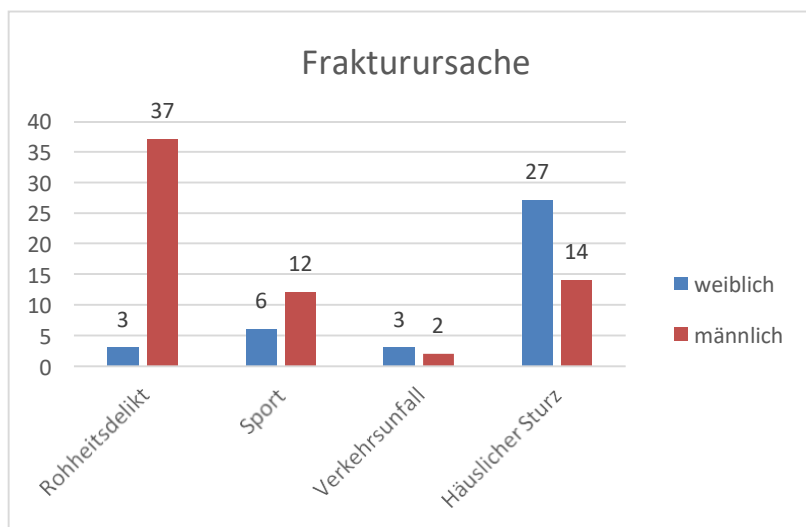


Abb. 5.17: Abhängigkeit des Geschlechts und der Unfallursache

5.1.4 Betroffene Seite

Bei 42 Patienten (39,6 %) war die rechte Gesichtshälfte betroffen. Bei 61 Patienten (57,5 %) war es die linke Seite. 3 Patienten (2,8 %) hatten Frakturen beider Orbitae. Abbildung 5.18 stellt diese Verteilung graphisch dar.

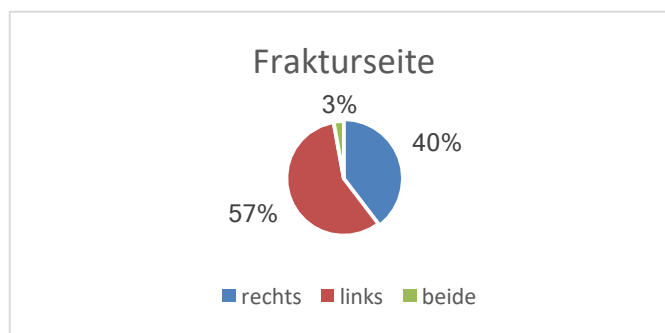


Abb. 5.18: Frakturseite

5.2 Symptome und okuläre Verletzungen

Patienten mit Orbitafrakturen präsentieren sich klinisch mit typischen Symptomen, sowie okulären Begleitverletzungen.

Im untersuchten Patientengut hatten 63,2 % (n = 67) ein Monokelhämatom, 34,9 % ein Hyposphagma (n = 37), 34,0 % (n = 36) eine eingeschränkte Motilität der Augenmuskeln, 28,3 % (n = 30) Doppelbilder, 22,6 % (n = 24) eine Hypästhesie des N. infraorbitalis, 7,5 % (n = 8) einen eingeschränkten Visus und 5,7 % (n = 6) einen Enophthalmus. Ein Retrobulbärhämatom wurde bei 1,9% der Patienten (n = 2) diagnostiziert. Die Häufigkeitsverteilung der Symptome wird in Abbildung 5.19 graphisch verdeutlicht.

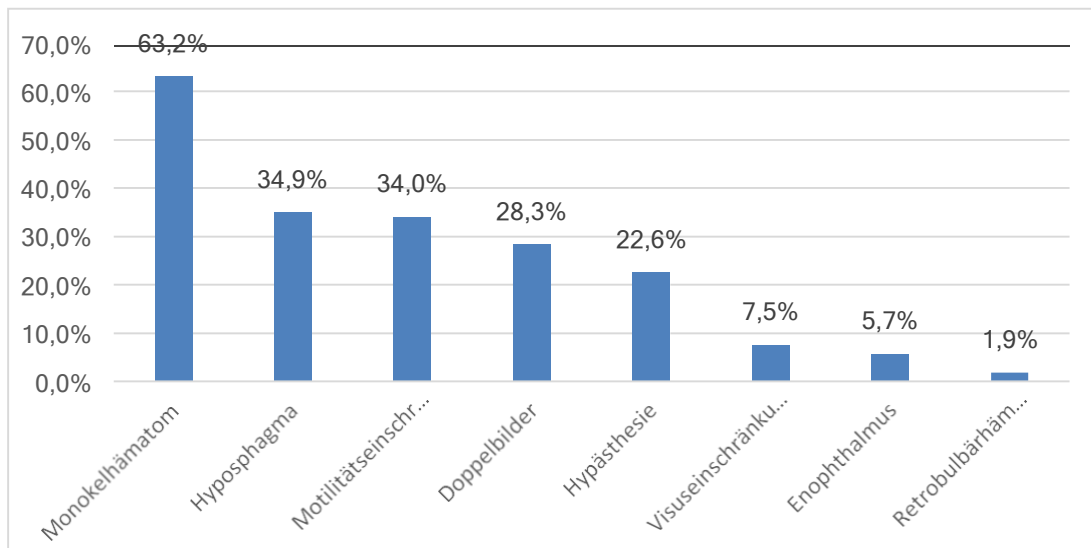


Abb. 5.19: Häufigkeit der Symptome

Insgesamt trat bei zwölf Patienten (16,0 %) eine intraokuläre Verletzung auf. Die häufigste war das Netzhautödem (5,7 %; n = 6). Außerdem kamen es in fünf Fällen zu einer traumatischen Mydriasis (4,7 %, n = 5), in zwei Fällen zu einer Kontusion des Bulbus (1,9 %, n = 2), in zwei Fällen zu einer Hornhautabrasion (1,8 %, n = 2), einem Fall von Ablatio retinae und einem Irisabriss (siehe Tabelle 6).

Tab. 6: Begleitverletzungen

Verletzung	Prozent
Netzhautödem	5,7 %
Traumatische Mydriasis	4,7 %
Contusio Bulbi	1,9 %
Hornhautabrasionen	1,8 %
Ablatio retinae	0,9 %
Irisabriss	0,9%

5.3 Zusammenhang der radiologischen Parameter mit Symptomen

5.3.1 Evaluation der Klassifikation

Nach Anwendung der entworfenen Klassifikation (siehe Tabelle 4, Kapitel 4.1) auf die Frakturen des Patientenkollektivs konnten 14 Patienten (13,2 %) in Gruppe I, 9 Patienten (8,4 %) in Gruppe II, 61 (57,5 %) Patienten in in Gruppe III und 22 Patienten (20,8 %) in Gruppe IV zugeteilt werden, was in Abbildung 5.20 graphisch gezeigt wird.

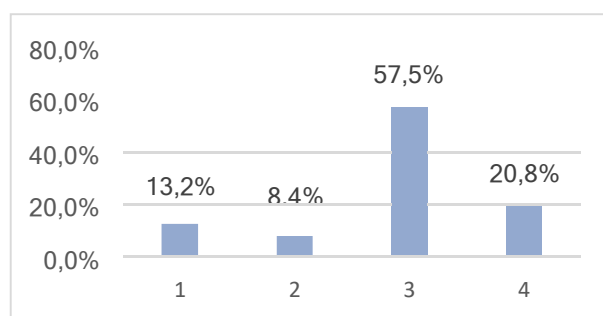


Abb. 5.20 Häufigkeitsverteilung der Gruppen

Das Hauptaugenmerk der Studie liegt dabei auf dem eventuellen Nachweis eines Zusammenhangs zwischen Symptomen und der Gruppeneinteilung, welche den Schweregrad des Traumas darstellen soll. Aufgrund der kleinen Patientenanzahl bei Frakturen des Orbitabodens in Kombination mit der kranialen Wand ($n = 1$) sowie der

lateralen Wand (n = 2) und den Frakturen, bei denen das Ausmaß nicht genau definiert werden konnte (n = 7), wird im nachfolgenden Abschnitt die Klassifikation separat für reine Orbitabodenfrakturen (n = 66) und Frakturen des Bodens mit Ausdehnung auf die mediale Wand (n = 30) angewandt.

Für reine Orbitabodenfrakturen ohne Beteiligung der medialen Wand konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer Doppelbildsymptomatik und den verschiedenen Gruppen nachgewiesen werden, welcher in Tabelle 7 dargestellt ist (exakter Test nach Fisher: p = 0,038).

Tab. 7: Korrelation zwischen Doppelbilder und der Gruppeneinteilung

Gruppe		I	II	III	IV	Gesamt
Doppelbilder	nein	9	7	28	6	50
		81,8 %	100 %	80,0 %	46,2 %	75,8 %
	ja	2	0	7	7	16
		18,2 %	0 %	20,0 %	53,8 %	24,2 %
Gesamt		11	7	35	13	66

Bei den Gruppen I-III ist die Wahrscheinlichkeit, dass Doppelbilder auftreten, selten (18,2 %; 0 % bzw. 20,0 %). Bei isolierten Orbitabodenfrakturen der Gruppe IV hingegen kommt es zu einer deutlichen Zunahme der Häufigkeit. In diesem Fall traten bei mehr als der Hälfte der Patienten in unserem Patientengut Doppelbilder auf (53,8 %).

Im Gegensatz dazu konnte bei Frakturen des Bodens mit Beteiligung der medialen Wand kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Doppelbildern und der Gruppeneinteilung nachgewiesen werden (exakter Test nach Fisher: p = 0,738).

Ebenso wurde der Zusammenhang zwischen einer eingeschränkten Motilität und der Gruppeneinteilung bei isolierten Orbitabodenfrakturen auf Signifikanz überprüft, welcher sich als höchst relevant darstellt und in Tabelle 8 abgebildet ist (exakter Test nach Fisher: p = 0,001).

Tab. 8 Abhängigkeit Motilität von Gruppen

Gruppe		I	II	III	IV	Gesamt
eingeschränkte Motilität	nein	8	7	29	4	48
		72,7 %	100 %	82,9 %	30,8 %	72,7 %
	ja	3	0	6	9	18
		27,3 %	0 %	17,1 %	69,2 %	27,3 %
Gesamt		11	7	35	13	66

Bei den Gruppen I und III kam es im untersuchten Kollektiv zu Motilitätseinschränkungen, in der Gruppe II nicht. Ist die Fraktur nach der Kategorisierung in Gruppe IV, kam es bei mehr als zwei Drittel (69,2 %) zu Motilitätsstörungen, was einer mehr als doppelten bzw. mehr als dreifachen Wahrscheinlichkeit im Vergleich zu Gruppe I oder III entspricht.

Für Frakturen mit Ausdehnung auf die mediale Wand konnte dieser Zusammenhang nicht statistisch signifikant nachgewiesen werden (exakter Test nach Fisher: $p = 0,589$).

Zusätzlich wurde der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Monokelhämatomen und der Gruppeneinteilung für Orbitabodenfrakturen untersucht. Er konnte statistisch signifikant nachgewiesen werden und wird in Tabelle 9 gezeigt (exakter Test nach Fisher: $p = 0,019$).

Tab. 9 Abhängigkeit Monokelhämatom von Gruppen

Gruppe		I	II	III	IV	Gesamt
Monokelhämatom	nein	7	1	9	8	25
		63,6 %	14,3 %	25,7 %	61,5 %	37,9 %
	ja	4	6	26	5	41
		36,4 %	85,7 %	74,3 %	38,5 %	62,1 %
Gesamt		11	7	35	13	66

Bei Frakturen des Orbitabodens traten in den Gruppen II und III zu mehr als zwei Drittel (85,7 % bzw. 74,4 %) Monokelhämatome auf. Dies war deutlich häufiger als bei den

Gruppen I und IV (36,4 % und 38,5 %).

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang bei Frakturen mit Beteiligung der medialen Wand zeigte sich nicht (exakter Test nach Fisher: $p = 0,383$).

Ebenfalls wurde der Zusammenhang der Gruppeneinteilung mit dem Auftreten eines Enophthalmus untersucht. Hierbei ergab sich eine statistische Signifikanz. Die Häufigkeitsverteilung wird in der Tabelle 10 gezeigt (exakter Test nach Fisher: $p = 0,003$).

Tab. 10 Abhängigkeit Enophthalmus von Gruppen

Gruppe		I	II	III	IV	Gesamt
Enophthalmus	nein	11	7	35	9	62
		100 %	100 %	100 %	69,2 %	93,9 %
	ja	0	0	0	4	4
		0 %	0 %	0 %	30,8 %	6,1 %
Gesamt		11	7	35	13	66

Während der klinischen Untersuchung trat ein Enophthalmus insgesamt in nur vier Fällen auf. Diese Fälle kamen dabei alle in Gruppe IV der Kategorisierung vor. In Gruppe IV war dadurch bei fast einem Drittel (30,8 %) aller Frakturen ein Enophthalmus vorhanden.

Für Frakturen mit Ausdehnung auf die medialen Wand konnte dieser Zusammenhang nicht statistisch signifikant nachgewiesen werden (exakter-Test nach Fisher: $p = 0,999$).

Für die Symptomatik eines eingeschränkten Visus ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zur Gruppeneinteilung für Frakturen des Orbitabodens. Dies gilt ebenso für Frakturen mit Beteiligung der medialen Wand. Insgesamt trat ein eingeschränkter Visus bei fünf Patienten mit Orbitabodenfrakturen und bei zwei Patienten mit Frakturen unter Beteiligung der medialen Wand auf .

Für das Auftreten eines Hyposphagmas mit 24 Fällen bei Orbitabodenfrakturen und neun Fällen bei Frakturen mit Beteiligung der medialen Wand zeigte sich ebenso kein signifikanter Zusammenhang. Selbiges gilt für die Diagnose eines Netzhautödems mit jeweils drei Fällen und für eine vorhandene Beeinträchtigung des N. infraorbitalis, welche bei 13 Patienten mit Orbitabodenfrakturen und bei sieben Patienten bei Frakturen mit Beeinträchtigung der

medialen Wand festgestellt wurde.

Ebenso ergab sich für die Symptomatik der Contusion des Bulbus (n = 2 vorhandene Fälle), eines Retrobulbärhämatoms (n = 2), eines Sphinktereinrisses (n = 1), der traumatischen Mydriasis (n = 4), des Irisabrisses (n = 1) sowie der Ablatio retinae (n = 1) kein Zusammenhang mit der Gruppeneinteilung für Orbitabodenfrakturen. Diese Symptome kamen in der Gruppe der Frakturen mit Beteiligung der medialen Wand nicht vor.

In allen Fällen wurde die statistische Signifikanz mit dem exakten Test nach Fisher getestet.

5.3.2 Zusammenhang einzelner radiologischer Befunde mit Symptomen

5.3.2.1 Frakturgröße

Bei 102 Patienten des Kollektivs konnte die Frakturgröße anhand der CT-Bilder bestimmt und berechnet werden. Der Mittelwert aller Frakturgrößen lag bei 284,94 mm[§]. Die statistischen Maßzahlen zur Frakturgröße zeigt Tabelle 11.

Tab. 11 Frakturgrößen am CT

	Mittelwert	Standard- abweichung	Minima	Maxima	Perzentile		
					25 %	50 (Median)	75 %
Frakturgröße	248,94	136,90	4,16	723,58	148,87	239,72	333,36

In der Studie wurde der Zusammenhang zwischen der Frakturgröße und einer Doppelbildsymptomatik geprüft.

Nachfolgendes Box-plot-Diagramm soll dabei den Unterschied der Frakturgrößen mit und ohne Doppelbildsymptomatik veranschaulichend darstellen. Der Messbereich ist als vertikale Linie dargestellt. Die Linie innerhalb der Box stellt den Median, die obere Abgrenzung die 75 %-Perzentile, die untere Abgrenzung die 25 %-Perzentile dar. Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied (T-Test p = 0,014) zwischen dem Mittelwert der Frakturgrößen für Patienten ohne Doppelbilder von 228,57 mm[§] und dem Mittelwert von 302,78 mm[§] für Patienten mit Doppelbildern nachgewiesen werden.

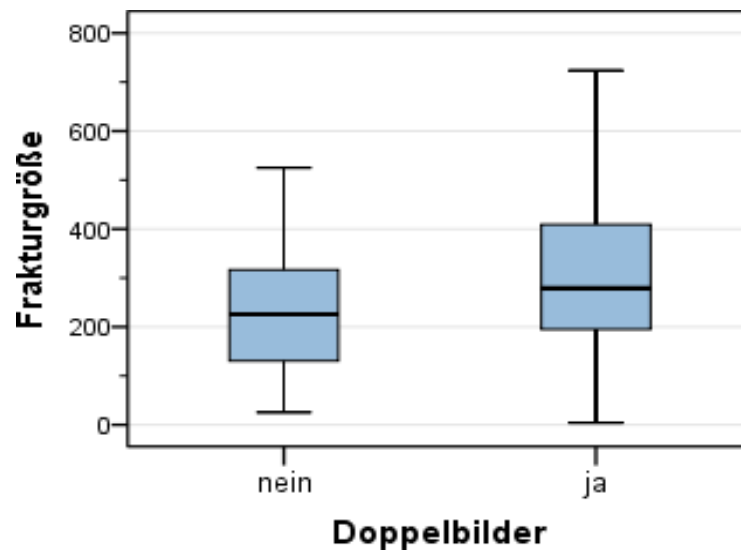


Abb. 5.21 Box-plot für Frakturgrößen im Zusammenhang mit und ohne Doppelbildsymptomatik

Zusätzlich zum Nachweis der statistischen Signifikanz wurde eine Receiver Operating Characteristic (ROC) Analyse der Frakturgröße in Korrelation mit dem Vorkommen von Doppelbildern durchgeführt. Mit dieser soll bewertet werden, wie gut sich die Messung der Frakturgröße als Methode zur Vorhersage von Doppelbildern eignet.

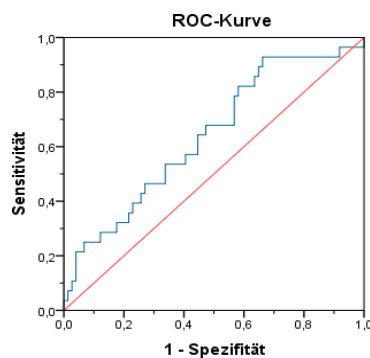


Abb. 5.22 ROC für Frakturgrößen

ROC-Kurven stellen die Sensitivität (Quotient aus richtig-positiven und falsch-negativen Testergebnissen) dem Wert der 1-Sensitivität (Quotient aus richtig negativen und falsch-positiven Testergebnissen) zu unterschiedlich definierten Punkten (in diesem Fall den gemessenen Frakturgrößen) gegenüber. Der Cut-Off-Wert wurde anhand des Youden-Index

(Sensivität+Spezifität-1) bestimmt, welcher für eine Frakturgröße von 158,9 mm^s den maximalen Wert von 0,2664 ergab.

Für die Symptomatik einer eingeschränkten Motilität, eines Monokelhämatoms, eines Hyposphagmas, eines eingeschränkten Visus, einer traumatischen Mydriasis, der Hypästhesie des N. infraorbitalis und des Auftretens eines Enophthalmus konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit der Frakturgröße bestimmt werden.

Dies gilt ebenso für den Befund eines Netzhautödems (T-Test: p = 0,075), bei einer Fallzahl von sechs Patienten mit diesem Symptom. Das Box-plot-Diagramm und die Maßzahlen stellen sich, wie in Tabelle 12 abgebildet, dar:

Tab. 12: Frakturgröße in Zusammenhang mit Netzhautödem (in mm²)

	N	Mittelwert	Standard abweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25	50	75
Nein	96	242,92	133,68	4,16	723,58	147,63	239,35	322,88
Ja	6	345,38	164,93	42,23	474,36	227,91	398,56	470,26

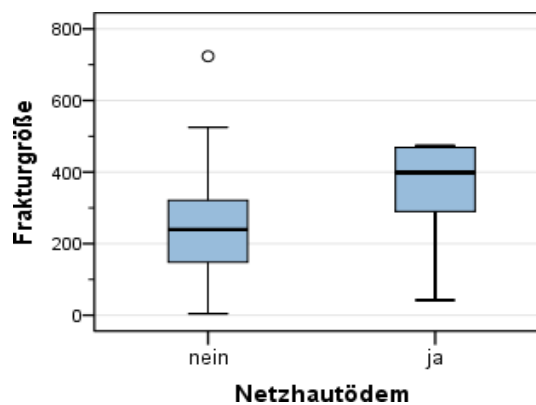


Abb. 5.23. Box-plot-Diagramm zur Veranschaulichung der Frakturgrößen im Zusammenhang mit und ohne Netzhautödem

Trotz des fehlenden Nachweises einer Signifikanz weisen die Mittelwerte und die im Box-Plot veranschaulichten Maßzahlen starke Unterschiede auf. Der Mittelwert der Frakturgröße bei Patienten mit Netzhautödem ist dabei um 102,45 mm^s größer als bei Patienten ohne.

Das Auftreten einer Contusion des Bulbus, eines Sphinktereinrisses, eines Retrobulbärhämatoms, eines Irisabrisses, einer Erosio corneae sowie einer Ablatio retinae konnte aufgrund der zu geringen Fallzahl nicht auf Zusammenhänge mit der Frakturgröße untersucht werden.

5.3.2.2 Inkarzeration Muskel

Von insgesamt 106 CT-Datensätzen konnten 99 bezüglich einer Einklemmung des MRI beurteilt werden.

Eine Inkarzeration des Muskels wurde dabei im Zusammenhang mit einer Doppelbildsymptomatik untersucht, was als signifikant nachgewiesen werden konnte und in Tabelle 13 gezeigt wird (exakter Test nach Fisher $p = 0,043$).

Tab. 13 Inkarzeration und Doppelbilder

			Inkarzeration		Gesamt
			nein	ja	
Doppelbilder	nein	Anzahl	49	23	72
		Prozente	79,0 %	62,2 %	72,7 %
	ja	Anzahl	13	14	27
		Prozente	21,0 %	37,8 %	27,3 %
Gesamt		Anzahl	62	37	99

War eine Inkarzeration des MRI vorhanden, so kamen bei den Patienten Doppelbilder mit einer Häufigkeit von 37,8 % vor. Bei 21,0 % der Patienten traten diese jedoch auch ohne Inkarzeration auf.

Außerdem konnte ebenso ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Inkarzeration des Muskels im CT und einer eingeschränkten Augenmotilität nachgewiesen werden (exakter Test nach Fisher: $p = 0,015$). Tabelle 14 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Zusammenhangs.

Tab. 14 Inkarzeration und Motilitätsstörungen

		Inkarzeration		Gesamt	
		nein	ja		
Motilitätsstörung	nein	Anzahl	47	20	67
		Prozente	75,8 %	54,1 %	67,7 %
	ja	Anzahl	15	17	32
		Prozente	24,2 %	45,9 %	32,3 %
Gesamt		Anzahl	62	37	99

Erscheint der Muskel im CT als nicht inkarzeriert, hatten in unserem Kollektiv 24,2 % der Patienten trotzdem eine Motilitätsstörung. Dieser Anteil stieg bei Patienten mit Nachweis einer Inkarzeration auf 45,9 % an.

Zwischen einer Inkarzeration im CT und der Symptomatik von Visuseinschränkungen, eines Retrobulbärhämatoms, eines Monokelhämatoms, eines Hyposphagmas, einer Contusion des Bulbus, eines Netzhautödems, einer traumatischen Mydriasis, eines Enophthalmus, eines Irisabrisse und einer Ablatio retinae ließ sich kein Zusammenhang nachweisen.

5.3.2.3 Lage des MRI

Als weiterer CT-Parameter wurde die Lage des MRI im Verhältnis zum Orbitaboden auf Zusammenhänge mit der Symptomatik der Patienten hin überprüft. Die Position des Muskels nach der Einteilung von Schoumann et al. konnte bei allen untersuchten CT-Aufnahmen (n = 106) durchgeführt werden [Schouman 2012b]. Nach dieser waren 53,8 % (n = 57) der Muskeln in physiologischer Position nach der Fraktur, 25,6 % (n = 27) nach kaudal verlagert und mit ihrem größten Anteil kranial des Orbitabodens, 18,8 % (n = 20) mit ihrem größten Anteil kaudal davon und 1,8 % (n = 2) vollständig kaudal des Bodens.

Für eine Doppelbildsymptomatik war ein eindeutiger Zusammenhang zur Position der Muskeln vorhanden (exakter Test nach Fisher $p = 0,021$). Tabelle 15 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Positionen des MRI, sowie den Zusammenhang zur Doppelbildsymptomatik.

Tab. 15 Doppelbildsymptomatik und MRI-Position

			Lage MRI				Gesamt
			I	II	III	IV	
Doppelbilder	nein	Anzahl	47	18	10	1	76
		Prozente	82,5 %	66,7 %	50,0 %	50,0 %	71,7 %
	ja	Anzahl	10	9	10	1	30
		Prozente	17,5 %	33,3 %	50,0 %	50,0 %	28,3 %
Gesamt		Anzahl	57	27	20	2	106

Die Häufigkeit der Doppelbilder nahm in unserem Kollektiv mit einer stärkeren Verlagerung des Muskels bzw. mit einer höheren Gruppeneinteilung des MRI zu oder blieb gleich hoch. So waren es in Gruppe I 17,5 %, in Gruppe II 33,7 %, in Gruppe III 50,0 % und in Gruppe IV ebenso 50 %.

Auch für Motilitätsstörungen der Augenmuskeln und der Lage des Muskels zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang (exakter Test nach Fisher: $p = 0,0002$). Tabelle 16 stellt wiederum die Häufigkeitsverteilung dar.

Tab. 16 Motilitätsstörung und MRI-Position

			Lage MRI				Gesamt
			I	II	III	IV	
Motilitätsstörung	nein	Anzahl	46	16	6	2	70
		Prozente	80,7 %	59,3 %	30,0 %	100,0 %	66,0 %
	ja	Anzahl	11	11	14	0	36
		Prozente	19,3 %	40,7 %	70,0 %	0,0 %	34,0 %
Gesamt		Anzahl	57	27	20	2	106

Mit Ausnahme der Gruppe IV bedeutete eine ausgeprägtere Verlagerung in unserem Kollektiv eine erhöhte Inzidenz von Motilitätsstörungen. Lag die Häufigkeit in Gruppe I bei

19,3 %, so stieg diese in Gruppe II auf 40,7 % und in Gruppe III auf 70,0 %. Frakturen der Gruppe IV hatten insgesamt nur zwei Patienten.

Zusätzlich wurde das Auftreten eines Enophthalmus auf Zusammenhänge zur Muskelposition überprüft, was sich ebenso als signifikant zeigte und in Tabelle 17 dargestellt ist (exakter Test nach Fisher: $p = 0,002$).

Tab. 17 Enophthalmus und MRI-Position

			Lage MRI				Gesamt
			I	II	III	IV	
Enophthalmus	nein	Anzahl	56	27	16	1	100
		Prozente	98,2 %	100,0 %	80,0 %	50 %	94,3 %
	ja	Anzahl	1	0	4	1	6
		Prozente	1,8 %	0,0 %	20,0 %	50 %	5,7 %
Gesamt		Anzahl	57	27	20	2	106

Mit einer Ausnahme in Gruppe I (1,8 %), traten alle Fälle eines Enophthalmus auf, wenn der Muskel mit mehr als der Hälfte seines Umfangs (entsprechend Gruppe III und IV) verlagert war. Diese repräsentieren in unserer Studie 20,0 % in Gruppe III und 50,0 % in Gruppe IV.

Mit nachfolgenden Symptomen ergab sich kein Zusammenhang zur Muskelposition:

Eingeschränkter Visus, Retrobulbärhämatom, Monokelhämatom, Hyposphagma, Netzhautödem, Contusion des Bulbus, traumatische Mydriasis, Hypästhesie des N. infraorbitalis, Irisabriss und Ablatio retinae (exakter Test nach Fisher).

5.3.2.4 Intraorbitale Fraktursplinter

Im gesamten Patientenkollektiv waren nur drei (0,028 %) Frakturen vorhanden, bei denen Fraktursplinter in die Orbita verlagert waren. Diese wurden auf einen Zusammenhang mit den Symptomen der Patienten hin untersucht. Hier ergab sich in keinem Fall eine statistische Signifikanz.

5.3.2.5 Intraorbitales Emphysem

Das Auftreten von intraorbitalen Emphysemen war in unserem Patientengut mit 62,2 % aller Patienten (n = 66) ein oft vorhandener Parameter im CT. Trotzdem konnte mit keinem der diagnostizierten Symptome ein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Die Häufigkeitsverteilungen sind in Tabelle 18 dargestellt.

Tab. 18 Zusammenhang von Motilitätsstörungen mit Emphysem

		Emphysem		Gesamt	
		Ja	Nein		
Motilitätsstörung	nein	Anzahl	40	30	70
		Prozente	60,6 %	75,0 %	66,0 %
	ja	Anzahl	26	10	36
		Prozente	39,4 %	25,0 %	34,0 %
Gesamt		Anzahl	66	40	106

Obwohl kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden konnte (Chi-Quadrat-Test: $p = 0,129$) kamen in unserem Kollektiv mit 39,4 % häufiger Motilitätsstörungen beim Auftreten von Emphysemen vor. War intraorbital kein Lufteinschluss vorhanden, war die Motilität nur zu 25,0 % eingeschränkt.

6 Diskussion

Die seit Jahrzehnten anhaltende Diskussion über die passende Therapie für Orbita(boden)frakturen hat, mit Einführung der Computertomographie und durch eine Vielzahl an klinischen Studien, viele Streitpunkte geklärt und Evidenz-basierte Empfehlungen zur Behandlung für verschiedene Traumakonfigurationen der Orbita gegeben. Besonders neuere Studien, welche verschiedene Aspekte des Orbitatraumas auf einen Zusammenhang mit radiologischen Befunden hin untersucht haben, können dafür verantwortlich gemacht werden. Dennoch werden in vielen Zentren unterschiedliche Parameter als Indikationen für eine chirurgische bzw. konservative Therapie angewandt [Dubois 2015a, b]. Aufgrund dessen war es das Ziel dieser Studie eine Klassifikation zu entwickeln, mit welcher Orbitabodenfrakturen anhand ihrer Darstellung in der CT-Aufnahme sinnvoll nach Schweregraden eingeteilt werden können, um die Entscheidungsfindung bei der Therapiewahl zu erleichtern und etwaige Unklarheiten zu beseitigen. Die Klassifikation wurde dabei anhand von typischen Befunden in den CT-Schnittbildern, wie der des Emphysems oder Knochensplitter in der Orbita, sowie in anderen klinischen Studien erarbeiteten Parametern entworfen. Neben der Frakturgröße, welche in der Literatur am häufigsten verwendet wird, um Traumata der Orbita zu beurteilen, ist ein CT-Parameter die Verlagerung des M. rectus inferior, eingeteilt anhand der Kategorisierung von Schouman et al. [Schouman 2012b]. Einen weiteren stellt die Inkarceration des Muskels im Frakturspalt dar. Die Auswahl der genannten Punkte und bereits beschriebener Methoden dient dazu, die Ergebnisse der Studie mit den Angaben in der Literatur zu vergleichen. Um die Klassifikation zu evaluieren, wurden die Gruppeneinteilung und die einzelnen CT-Befunde mit den klinischen Symptomen sowohl des Auges als auch des periookulären Gewebes nach einem Trauma auf Zusammenhänge hin untersucht. Die Studie versucht, dem klinischen Anwender ein Evidenz-basiertes Schema zur Beurteilung von Orbitabodenfrakturen zur Hand geben, mit welchem durch eine CT-Analyse die Therapieentscheidung leichter getroffen werden kann.

6.1 Patientenkollektiv

Mit 62,9 % überwiegt der Anteil der männlichen Patienten in unserem Kollektiv, welche ein Trauma des Orbitabodens mit oder ohne Beteiligung von anderen Wänden erlitten haben. Dies deckt sich mit einer Vielzahl anderer publizierter Studien, die ebenso einen höheren

Anteil an Männern in ihrem Patientengut beobachtet haben. So berichten Chi et al. von einem Anteil von 74,9 %, Gosau et al. von 78,3 % und Brady et al. von 63,4 % Männern in ihrer Studienpopulation [Brady 2001, Chi 2010, Gosau 2011]. In unserem Fall lässt sich dieser Umstand sehr wahrscheinlich durch die Ursachen erklären, welche in dieser Studie am häufigsten das Trauma verursacht haben. Dies waren Rohheitsdelikte (38,7 %) und Stürze (38,7 %), gefolgt von Sport- (17 %) und Verkehrsunfällen (4,7 %). Speziell durch Rohheitsdelikte erlitten in unserer untersuchten Patientengruppe mehr als zwölf mal so viele Männer als Frauen Frakturen, in der Gruppe der Sportunfälle doppelt so viele. Jaquier et al. berichten, dass in in ihrem Kollektiv 28 % der Traumata durch Verkehrsunfälle verursacht wurden, 24 % durch Sportunfälle, 18 % durch Stürze, sowie 15 % durch Unfälle während der Arbeit und nur 15 % durch Gewalt [Jaquier 2007]. Andere Studien hingegen decken sich mit unseren Ergebnissen. So beschreiben Brady et al. in 49,8 % der Fälle Gewalt als Ursache des Traumas und nur in 12,8 % Verkehrsunfälle [Brady 2001]. Schouman et al. bestätigen mit einer Angabe von 9,1 % den Rückgang der Orbitabodentraumata im Straßenverkehr, welche in einer Studie von Joos et al. noch mit 58,6 % angegeben wurden [Joos 1996, Schouman 2012b].

61,26 % aller Frakturen in unserem Kollektiv sind rein auf den Orbitaboden beschränkt. In 28,3 % der Fälle lag eine Ausdehnung auf die mediale Wand, in 0,94 % auf die kraniale und 1,89 % auf die laterale Wand vor. Betrachtet man die Daten von Chi et al. und berechnet die prozentuale Häufigkeit ohne isolierte Frakturen der medialen Wand, so ergeben sich in diesem Kollektiv 55,3 % reine Orbitabodenfrakturen, 32,9 % Bodenfrakturen mit Ausdehnung auf die mediale Wand, 1,9 % für Bodenfrakturen inklusive lateraler Wand und 0,4 % Bodenfrakturen inklusive superiorer Wand [Chi 2010]. Für die Einordnung dieser Daten ist im Speziellen wichtig, dass in unserer Studie kombinierte Frakturen mit anderen Mittelgesichtsfrakturen ausgeschlossen wurden. Dadurch erklären sich die abweichenden Häufigkeitsangaben im Vergleich zur Studie von Burm et al. [Burm 1999]. Das häufigere Auftreten von isolierten Orbitabodenfrakturen im Vergleich zu kombinierten Frakturen kann für dieses Patientengut im Sinne einer seltener auftretenden, höheren Krafteinwirkung, begründet durch die geringe Anzahl von Sport- und Verkehrsunfällen, interpretiert werden.

6.2 Symptome und okuläre Verletzungen

Chi et al. beschreiben in ihrer Studie die periorbitale Ecchymosis als häufigstes Symptom in ihrer Patientengruppe (86,9 %). In ihrer Häufigkeit absteigend folgen das Auftreten von Doppelbildern (44,4 %), Motilitätseinschränkungen (40,5 %), Hypästhesien (26,4 %),

Enophthalmus (17,9 %), Emphysemen (14,6 %) sowie Übelkeit und Erbrechen (6,1 %). Das Fehlen von Übelkeit und Erbrechen in unserem Kollektiv als Symptom lässt sich dadurch erklären, dass es das typische klinische Bild der „Trapdoor“-Fraktur bei Jugendlichen darstellt, welche in dieser Studie jedoch nicht eingeschlossen wurden. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass einige Autoren das Auftreten eines okulokardialen Reflex bei erwachsenen Patienten mit Frakturen der Orbita beobachtet haben [Joseph 2009, Woernley 2017]. Besonders für junge Erwachsene wird in der Literatur die Möglichkeit dieses Pathomechanismus als wahrscheinlich angesehen, was in unserem Kollektiv, trotz einer Beeinträchtigung des Muskels durch Knochenkanten bzw. Knochensplinter bei 23 Patienten im CT, nicht beobachtet werden konnte [Sires 1998].

Die zur Arbeit von Chi et al. vergleichsweise niedrige Inzidenz eines primären Enophthalmus von 5,7 % im untersuchten Patientenkollektiv der hier vorgelegten Studie könnte sich durch eine Differenz des Zeitraums zwischen Trauma und Erstuntersuchung erklären. 9,7 % aller Patienten von Chi et al. wurden 14 Tage und später nach dem Trauma untersucht [Chi 2010]. Eine klinische Manifestation des Enophthalmus nach Abschwellen ist dadurch wahrscheinlicher. Ein Vergleich der Untersuchungszeiträume zwischen den Studien entfällt durch fehlende Daten in unserem Kollektiv, weswegen diese Annahme als Hypothese zu sehen ist.

Das Auftreten einer Hypästhesie des N. infraorbitalis zu 22,6 % als Hinweis auf eine Fraktur des zentralen Orbitabodens war vergleichbar mit den Zahlen der oben beschriebenen Studie. Andere Autoren wie Brady et al. publizierten zwar weitaus höhere Angaben (54,2 %), jedoch kann die Studie von Chi et al. durch ihre hohe Fallzahl als aussagekräftigste angesehen werden. Diese Übereinstimmung gilt ebenso für das Auftreten von periorbitalen Weichgewebsblutungen [Brady 2001, Chi 2010].

In der Literatur wird eine initiale Motilitätsstörung der Augenmuskeln mit einer Häufigkeit zwischen 17 % und 45 % angegeben, wobei sich unser Ergebnis (34 %) nahe dem Durchschnitt der publizierten Werte befindet. Gleiches gilt für das Auftreten eines Retrobulbärhämatoms, welches Safi et al. mit einer Wahrscheinlichkeit von 2,9 % in ihrem Kollektiv beschreiben [Safi 2017].

Vergleicht man unsere Daten zum Auftreten einer präoperativen Diplopie mit den Angaben von Biesman et al. (86 %), Chi et al. (44,4 %) oder Safi et al. (38,8 %), so ist das Auftreten dieser Symptomatik in unserem Kollektiv mit 28,3 % geringer [Biesman 1996, Chi 2010, Safi 2017].

Kreidl et al. vergleichen in ihrer Studie das Auftreten von intraokulären Verletzungen nach

einem stumpfen Trauma bei Patienten mit und ohne knöcherner Fraktur der Orbita. Dabei berichten sie, dass in 29,4 % der Fälle intraokuläre Verletzungen bei Patienten mit Fraktur aufgetreten sind [Kreidl 2003]. Cruz et al. und He et al. berichten von 22% in ihrem Patientengut. Vergleicht man die Daten, so fällt besonders das Fehlen einer Hyphaema in unserem Kollektiv auf, wodurch sich die geringere Inzidenz der intraokulären Verletzungen in dieser Studie (16,0 %) erklären lässt [Cruz 2004, He 2007]. In einer Studie von Ross et al. treten intraokuläre Verletzungen mit 19,17 % auf, ein Hyphaema fehlt jedoch ebenso wie in unserem Patientengut vollständig [Ross 2017]. Einen Erklärungsansatz bietet hier wiederum das Studiendesign, da in der hier vorgelegten Arbeit kombinierte Frakturen der Orbita mit anderen Mittelgesichtsknochen ausgeschlossen wurden. In den oben genannten Studien von Kreidl et al, He et al. und Cruz et al. war dies jedoch nicht der Fall. In der Studie von Ross et al. hingegen waren Patienten mit kombinierten Frakturen ebenso nicht im Kollektiv eingeschlossen, wodurch eine größere Krafteinwirkung als Erklärung für die Entstehung eines Hyphaemas oder generell für die häufigeren, intraokulären Verletzungen vermutet werden kann. Des Weiteren wurden in dieser Studie zusätzlich Frakturen einbezogen, welche nicht im Sinne eines „Blow-outs“ frakturiert sind, wodurch die maximale Krafteinwirkung in vielen Fällen möglicherweise nicht primär der Bulbus übernommen hat. Hierfür sprechen die Ergebnisse der Studie von Riaz et al., welche in ihrem Patientenkollektiv bei 60% der reinen „Blow-out“-Frakturen eine intraokuläre Verletzung inklusive eines Hyphaemas in 7% der Fälle festgestellt hatten. Bei Frakturen, welche neben der Orbita auch das Jochbein als Trümmerfraktur betrafen, traten in ihrem Kollektiv intraokuläre Verletzungen nur in 20,7 % der Fälle auf und ein Hyphaema fehlte [Riaz 2014].

In unserem Kollektiv wurden ausschließlich Verletzungen des Auges diagnostiziert, welche normalerweise ohne permanenten Schaden ausheilen. Dieses Ergebnis entspricht der allgemein gültigen Ansicht, dass mit Orbita(wand)frakturen eher ungefährlichere Augenverletzungen einhergehen [He 2007]. Dies ergibt sich durch das seltene Auftreten von Rupturen des Globus, der Choroidea, Netzhautablösungen oder Dislokationen der Linse sowie Optikusneuropathien in vielen Studien [Cruz 2004, He 2007, Kreidl 2003]. Das vollständige Fehlen dieser Pathologien in unserem Kollektiv bestätigt diese Ansicht von geringeren schwerwiegenderen Verletzungen des Auges bei Orbitabodenfrakturen. Entsprechend der Argumentation bezüglich der geringeren Häufigkeit von intraokulären Verletzungen oder dem Auftreten eines Hyphaemas in dieser Arbeit, scheinen derartige Verletzungen des Globus nur im Rahmen von größeren Krafteinwirkungen oder durch direkten Krafteinwirkung auf ihn, aber auch dann nur äußerst selten, zu entstehen.

6.3 Zusammenhang von radiologischen Befunden und Symptomen

6.3.1 Frakturgröße

Ploder et al. beschreiben für ihr Patientenkollektiv, in welches Frakturen des Orbitabodens mit und ohne Ausdehnung auf die mediale Wand einbezogen wurden, eine mittlere Frakturgröße von $2,60 \text{ cm}^2$ [Ploder 2005]. Dieser Wert ähnelt dem unserer Patientengruppe von $248,94 \text{ mm}^2$ bzw. $2,49 \text{ cm}^2$. Kunz et al. beschreiben für ihr Kollektiv $2,16 \text{ cm}^2$ für Frakturen dieser Art, wobei die Studie nur Patienten betrachtete, welche nicht operiert wurden [Kunz 2013]. Die geringe Diskrepanz zwischen den beiden Werten lässt die unterschiedliche Indikationsstellung für Operationen in den verschiedenen Zentren im Bezug auf den Parameter Frakturgröße deutlich erkennen. Ploder et al. konnten in ihren Untersuchungen keinen Zusammenhang zwischen der Frakturgröße und Doppelbildern nachweisen ($p=0,053$). In unserem Kollektiv war dieser jedoch statistisch signifikant nachweisbar ($p=0,014$). Einen Erklärungsansatz dafür könnte die Verwendung von unterschiedlichen Methoden bei der Messung der Frakturgröße bieten. Die in dieser Arbeit verwendete Mess- bzw. Berechnungstechnik entspricht der Methodik der Studie von Hwang et al. und ist als näherungsweise Ansatz zu sehen [Hwang 2009]. Ein Abweichen von der tatsächlichen Frakturgröße ist möglich, wenn die Fraktur nicht der Form eines Rechtecks entspricht. Im Gegensatz zur von Ploder et al. vorgestellten Messmethode bietet sie jedoch den Vorteil einer äußerst schnellen Analyse im klinischen Alltag und kann ohne Anwendung eines Berechnungsprogrammes verwendet werden. Die von Ploder et al. publizierte Methodik findet nach heutigem Stand keine weit verbreitete Anwendung, da allein zur Messung der Defektgröße und Lokalisation im Durchschnitt 6,5 Minuten benötigt werden [Ploder 2002a, Schouman 2012b]. Die ROC-Analyse suggeriert mit 0,2664 als Maxime einen niedrigen Wert zur Beurteilung der Qualität unserer Defektmessung zur Vorhersage von Diplopien. Die Ergebnisse dieser Studie lassen es dennoch zu, ab einer durchschnittlichen Frakturgröße von $3,02 \text{ cm}^2$ ein wahrscheinlicheres Auftreten von Doppelbildern vermuten zu lassen. Dieser Wert sollte im klinischen Entscheidungsprozess berücksichtigt werden, da mit einer häufigeren Inzidenz von Doppelbildern auch die Wahrscheinlichkeit einer Persistenz dieser steigt. Als Hypothese für weitere Studien wäre zu überprüfen, ob sich dieser Wert durch verschiedene Methoden der Ermittlung der Frakturgröße ändert oder durch die Art der Diagnostik der Doppelbildsymptomatik begründet ist. Eine Aufzeichnung von persistierenden Diplopien wäre in weiteren Studien wünschenswert.

Für das Auftreten eines Netzhautödems im Sinne einer intraokulären Verletzung ergab sich

mit der Frakturgröße zwar kein statistisch signifikanter Zusammenhang, der Mittelwert der 6 Patienten mit einem Netzhautödem weicht jedoch stark vom Mittelwert der Patienten ohne ab. Die Diskrepanz beträgt $1,02 \text{ cm}^2$. Eine Erhöhung der Fallzahl, welche am Klinikum Rechts der Isar der Technischen Universität München retrospektiv nicht möglich war, hätte dem Trend nach möglicherweise eine Signifikanz ergeben. Diese Fragestellung wurde in der Literatur bisher nicht behandelt, was jedoch wünschenswert wäre, da mit einer einfachen Messung der Frakturgröße, so eventuell besonders in nicht spezialisierten Zentren, der Hinweis auf intraokuläre Begleitverletzungen gegeben und damit verbundene Folgemaßnahmen abzuschätzen wären. Selbiges gilt für die Symptomatik des Retrobulbärhämatoms, einer traumatischen Mydriasis, eines Sphinktereinrisses, eines eingeschränkten Visus und einer Contusion des Bulbus, für welche die Fallzahlen zu niedrig waren und der fehlende Nachweis deswegen äußerst kritisch betrachtet und in weiteren Studien überprüft werden sollte. Für das Auftreten eines Hyposphagmas, eines Monokelhämatoms sowie der Hypästhesie konnte der Nachweis ebenso nicht erbracht werden, was in Anbetracht der klinischen Relevanz als nicht weiter negativ angesehen wird. Eine Beeinträchtigung des N. infraorbitalis kann besser durch eine separate Untersuchung des Kanalverlaufs im CT und durch die entsprechende klinische Überprüfung der Sensibilität beurteilt werden.

Neben dem bereits erwähnten Zusammenhang von Frakturgröße und Diplopie gab es in den Studien von Ploder et al. und Kunz et al. einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Enophthalmus und der Frakturgröße. Für einen Enophthalmus von 2mm konnten Ploder et al. eine Frakturgröße von $3,30 \text{ cm}^2$ als signifikant nachweisen [Ploder 2005]. In der Studie von Kunz et al. war ein Enophthalmus von 2,5 mm mit einer Frakturgröße von $1,7 \text{ cm}^2$ assoziiert, wobei die Aussagekraft von einem Patientenfall in dieser Studie als eher gering eingeschätzt werden kann [Kunz 2013]. Eine signifikante Assoziation zwischen der Frakturgröße und einem Enophthalmus ergab sich in unserer Studie nicht. Dies entspricht jedoch dem Konsens der Literatur, in welcher eine Zunahme des orbitalen Volumens und das Ausmaß der Weichgewebsverlagerung als bessere Parameter, im

Vergleich zur Frakturgröße zur Vorhersage eines Enophthalmus beschrieben sind [Manson 1986a, Manson 1986b, Raskin 1998, Zhang 2012]. Choi et al. konnten für isolierte Orbitabodenfrakturen explizit nachweisen, dass die Defektgröße in ihrem Kollektiv keinen Zusammenhang mit dem Herniationsvolumen des Weichgewebes hatte, wodurch die Ergebnisse der hier vorgelegten Arbeit plausibel erscheinen [Choi 2016]. In der Studie von Rhee et al. war dieser Zusammenhang zwar gegeben, die Signifikanz zwischen einer Volumenverlagerung und den Symptomen war jedoch deutlich stärker vorhanden [Rhee

2014].

6.3.2 Inkarzeration

Im Gegensatz zur Studie von Gilbard et al. konnte in unserem Kollektiv ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer präoperativen Diplopie und der Inkarzeration des Muskels sowie von Motilitätsstörungen und der Inkarzeration des Muskels nachgewiesen werden. In der Patientengruppe von Gilbard et al. hielt die Symptomatik jedoch bei allen Patienten mit einem an beiden Seiten eingeklemmten Muskel bis zu einem Monat nach dem Trauma an, was insgesamt für die verwendete Methodik spricht [Gilbard 1985]. Nichtsdestotrotz hatten in unserem Kollektiv 62,2 % der Patienten mit Muskelinkarzeration in den CT-Aufnahmen nach der angewendeten Methodik keine Doppelbilder bzw. 54,1 % keine Motilitätsstörungen. Jank et al. hingegen konnten in ihrem Patientenkollektiv für Frakturen mit inkarzeriertem Weichgewebe bei 74 % aller Patienten eine Motilitätsstörung mit unterschiedlichem Schweregrad als signifikant darstellen [Jank 2003b]. Da der Nachweis von inkarzeriertem Gewebe in der Literatur streng als OP-Indikation gesehen wird, steht die Evaluation dieses Parameters vor jeder OP außer Frage [Burnstine 2002]. Inwiefern eine veränderte Methodik zur Bestimmung einer Inkarzeration am CT die Signifikanz erhöhen bzw. falsch positive Ergebnisse, welche dann unnötigerweise zur OP führen, verringern kann, sollte durch weitere Studien überprüft werden. Erste Ansatzpunkte, welche aus dieser Studie zu entnehmen sind, wären eine Aufteilung der hier beschriebenen Methodik im Sinne eines Kontakts des MRI mit einer Seite bzw. mit zwei Seiten zum Frakturspalt. Zudem weist die höhere Inzidenz von Motilitätsstörungen unter Einbeziehung einer Inkarzeration von Weichgewebe, wie von Jank et al. beschrieben, auf eine wichtigere Stellung der Beeinträchtigung des im Weichgewebe enthaltenen Fasernetzwerks, als der Muskeln selbst hin. Weitere Studien, welche die Fragestellung eines Vergleichs zwischen Weichgewebseinklemmungen und der oben beschriebenen Methodik zur Bestimmung von Muskelinkarzerationen in der CT im Bezug auf Motilitätsstörungen behandeln, wären wünschenswert.

6.3.3 Verlagerung des Musculus rectus inferior

Die Ergebnisse der vorgelegten Arbeit bezüglich des Zusammenhangs zwischen einer stärkeren Verlagerung des MRI und dem Auftreten von Doppelbildern sowie eines Enophthalmus decken sich mit den Ergebnissen der Studie von Rhee et al. Ein Absinken des

MRI um mehr als die Hälfte seines Durchmessers kaudal des ursprünglichen Orbitabodens war in den Studienkollektiven mit einer deutlichen Zunahme beider Symptome assoziiert. Zudem konnten Rhee et al. einen Zusammenhang zwischen dem verlagertem Volumen und der Position des MRI eindeutig darstellen. Eine Zunahme der Muskelverlagerung war in dieser Studiengruppe gleichbedeutend mit der Zunahme des Herniationsvolumens [Rhee 2014]. Dieses Ergebnis würde mit der in der Literatur akzeptierten Meinung eines vergrößerten Weichgewebsvolumen der Orbita als Hauptursache für die Entstehung eines Enophthalmus einhergehen. Setzt man den Zusammenhang als gegeben voraus, bestätigen auch die Ergebnisse unserer Studie diese Ansicht. Fünf von sechs Fällen eines Enophthalmus traten auf, wenn der Muskel mit mehr als der Hälfte seines Umfangs kaudal des Orbitabodens im CT-Schnittbild verlagert war. Dies würde einer deutlich zunehmenden Weichgewebsherniation im Vergleich zu einer Verlagerung von Grad I und II entsprechen. Schouman et al. reevaluierten in einer weiteren Studie retrospektiv die Entscheidungen der OP-Indikationen in ihrer Klinik und konnten feststellen, dass alle Patientenfälle mit Grad III und IV Verlagerung des MRI operiert wurden und fast alle mit Grad I konservativ behandelt wurden. Die Entscheidung für eine Operation wird von Schouman et al. bei vorhandenem Enophthalmus, persistierender Diplopie nach fünf Tagen, Motilitätsstörungen und einer Frakturgröße von größer als einem 1 cm^2 getroffen, wobei der zuletzt genannte Parameter nicht einheitlich Anwendung fand. Deswegen stimmen die Resultate mit denen unserer Arbeit überein und bestätigen die Ansicht von Schouman et al., dass die Verlagerung des Muskels ein exzellenter Faktor zur Vorhersage von Symptomen ist und einen hilfreichen Indikator für die OP-Entscheidung bei Orbitafrakturen darstellt [Schouman 2012b]. Higashino et al. konnten in einer weiteren Studie aufzeigen, dass eine Verlagerung des MRI nach Grad III und IV signifikant mit persistierenden Doppelbildern und einem sekundären Enophthalmus verknüpft war, was die Relevanz der in dieser Studie gewonnenen Daten, vor allem für Doppelbilder, verstärkt. Eine Verlagerung des MRI kann präoperativ als Indikator für ein wahrscheinlicheres Auftreten von Doppelbildern und nach Higashino et al. für eine häufige Persistenz dieser gesehen werden, falls das Ausmaß Grad III oder IV erreicht. Selbiges gilt für das Auftreten eines Enophthalmus, da Grad III und IV mit dem Auftreten eines primären Enophthalmus eindeutig korrelieren [Higashino 2011]. Die Diagnose von Motilitätsstörungen im Zusammenhang mit der hier beschriebenen Klassifikation des MRI ist bis heute in der Literatur eigenständig nicht beschrieben. Da Motilitätsstörungen jedoch, neben einem Enophthalmus, einer der Gründe für Doppelbilder sind, können die Daten der oben genannten Studien als Übereinstimmung mit den hier vorgelegten Ergebnissen gesehen werden. Das Fehlen dieser Diagnose in Gruppe IV der MRI-Einteilung lassen sich durch die

geringe Fallzahl von zwei Patienten erklären.

6.3.4 Orbitales Emphysem

Für den häufigen Befund von intraorbitalen Lufteinschlüssen bei 62,3 % aller Patienten ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit intra- oder extraokulären Symptomen im Rahmen von isolierten Orbitabodenfrakturen. Diese Tatsache bestätigt die Annahme der meisten Publikation zu diesem Thema, dass ein Emphysem der Orbita als benigner Zustand eingestuft werden kann, auf welchen nur in Ausnahmefällen eine OP-würdige Pathologie entsteht [Dobler 1993, Hunts 1994, Zimmer-Galler 1994]. In unserem Kollektiv zeigte sich eine deutliche Zunahme von Motilitätsstörungen bei vorhandenem Emphysem, welche sich aber nicht als signifikant darstellt. Diese in der Literatur bisher nicht erwähnte Tatsache gilt es im Rahmen einer weiteren Studie erneut zu überprüfen. Bei der Darstellung eines signifikanten Zusammenhanges würde sich die Möglichkeit ergeben, durch Lufteinschlüsse bedingte Motilitätsstörungen als tendenziell eher reversibel und differenziert zu Bewegungseinschränkungen ohne vorhandenem Emphysem zu betrachten.

6.3.5 Intraorbitale Fraktursplitter

Isolierte, „reine“ „Blow-in“ Frakturen ohne Beteiligung von Frakturen des Gesichtsschädels werden in der Literatur als sehr selten angesehen [Antonyshyn 1989]. In unserem Kollektiv wurden kombinierte Frakturen ausgeschlossen und bei nur drei Patienten intraorbitalen Fraktursplitter im CT entdeckt, was die Seltenheit dieser speziellen Fraktorentität bestätigen. Es zeigte sich kein Zusammenhang mit extra- oder intraokulären Symptomen, was jedoch mit einer höheren Fallzahl erneut zu überprüfen wäre.

6.4 Evaluation der Klassifikation

Die hier vorgestellte Klassifikation wurde dazu verwendet, isolierte Orbitabodenfrakturen sowie Frakturen mit Ausdehnung auf die mediale Wand in vier Gruppen einzuteilen. Anhand der Analyse von fünf Parametern in den CT-Aufnahmen war es Ziel der Arbeit, die Kategorisierung hinsichtlich der Schwere des Traumas und möglicherweise entstehenden bzw. persistierenden Symptomen bei Orbitabodenfrakturen zu evaluieren. Besonders bei Orbitabodenfrakturen ohne Indikation zur sofortigen chirurgischen Intervention sowie mit

unklaren bzw. durch Gründe wie Noncompliance, Schwellung oder unklares Bewusstsein verschleierten Symptomen sollte sich diese Klassifikation als Hilfestellung erweisen. Für isolierte Orbitabodenfrakturen zeigte sich, dass die Gruppeneinteilung einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Doppelbildern, Motilitätsstörungen sowie eines Enophthalmus aufzeigt. Besonders in Gruppe IV kamen alle Fälle eines primären Enophthalmus, zu 69,2 % Motilitätsstörungen und zu 53,8 % Doppelbilder vor. Das Auftreten dieser Symptome ist dabei maßgeblich für die Therapieentscheidung verantwortlich [Cruz 2004, Dubois 2015a, b]. Die Frakturgröße als erster Parameter der Klassifikation konnte in unseren Ergebnissen, wie bereits erwähnt, ausschließlich mit der Symptomatik von Doppelbildern in Zusammenhang gebracht werden. Die durchschnittliche Frakturgröße bei Patienten mit Diplopie betrug dabei näherungsweise 3 cm^2 . Deswegen sollte dieser Wert an Stelle der in der Klassifikation dieser Arbeit verwendeten Größe von 2 cm^2 in künftigen wissenschaftlichen Arbeiten in welchen diese Klassifikation angewendet wird, sinnvollerweise benutzt werden. Für die Messmethodik existieren eine Vielzahl an verschiedenen Programmen und Möglichkeiten [Baumann 2002, Hwang 2009, Jin 2000, Ploder 2002a]. Die in dieser Arbeit in Anlehnung an die Studie von Hwang et al. verwendete näherungsweise Berechnung ist wegen ihrer schnellen Anwendung, im Vergleich zur von Ploder et al. vorgestellten Methode, gerechtfertigt. Jene findet aufgrund der längeren Anwendungszeit keine verbreitete klinische Verwendung [Schouman 2012a]. Die Anwendbarkeit im klinischen Alltag wurde jedoch als Zielsetzung dieser Studie formuliert. Zusätzlich ergibt sich aus den hier vorgestellten Ergebnissen, in welchen sich keine weiteren signifikanten Zusammenhänge mit anderen Symptomen darstellen sowie aus dem Konsens der aktuellen Literatur, welche die Wichtigkeit von Volumenverlagerung, Inkarzeration und Muskelverlagerung über die der Fakturgröße stellt, keine Notwendigkeit diese genauer zu bemessen [Burnstine 2002, Choi 2016, Jank 2003b, Rhee 2014, Schouman 2012b]. Die Inkarzeration des Muskels stellt eine allgemein akzeptierte Indikation zur operativen Therapie dar, weswegen eine Evaluation der Muskeleinklemmung als Parameter der Klassifikation außer Frage steht. Die erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Auftretens von Motilitätsstörungen und Doppelbildern spiegelt sich jedoch in der Klassifikation nur in Gruppe IV wieder, obwohl auch Frakturen der Gruppe III Inkarzerationen beinhalten. Einen Erklärungsansatz bietet hier die Zahl der falsch-positiven Patienten, welche keine Motilitätsstörungen bzw. Doppelbilder trotz nachgewiesener Inkarzeration hatten. Zur Verifizierung der Methodik wäre in dieser Fragestellung eine Gegenüberstellung wünschenswert, in welcher die Inkarzeration des Muskels mit ein bzw. zwei Frakturenden und die Inkarzeration von Weichgewebe im CT im Bezug auf die beschriebene Symptomatik

verglichen wird. Sollte sich eine überlegene Methodik ergeben, ist diese anstelle der jetzigen in die Klassifikation zu übernehmen. Eine Verlagerung des MRI mit mehr als der Hälfte seines Durchmesser (Grad III und IV) bedeutete in unseren Ergebnissen ein signifikant häufigeres Auftreten der drei Symptome. Diese Ergebnisse stellen sich deutlich in der Gruppe IV der Klassifikation, welche durch Grad III und IV der Verlagerung vergeben wird, für isolierte Orbitabodenfrakturen dar. Alle Patienten mit einem primärem Enophthalmus waren in dieser enthalten, 69,2 % der Patienten hatten Motilitätsstörungen und 53,8 % der Patienten Doppelbilder. Der signifikante Zusammenhang der Symptome mit der Muskelverlagerung sowie die Übereinstimmung mit den oben genannten Ergebnissen in der Literatur, stellen die Beurteilung der MRI-Verlagerung als validen Parameter in der Klassifikation dar. Zur Vorhersage des Auftretens eines Enophthalmus, welcher hauptsächlich durch Volumenzunahme und das Ausmaß der Weichgewebsverlagerung in der CT in der Literatur begründet wird, existieren verschiedene Methoden zur Berechnung dieser beiden Parameter [Andrades 2009, Cunningham 2005, Fan 2003, Jin 2000, Ploder 2002b]. Der in dieser Arbeit sowie in den bereits erwähnten Studien gezeigte signifikante Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Enophthalmus und der Verlagerung des Muskels um mehr als die Hälfte seines Durchmessers lässt die Integration dieser zusätzlichen Parameter in die Klassifikation jedoch als nicht notwendig erscheinen. Zusätzlich konnten Rhee et al. durch den beschriebenen Zusammenhang zwischen MRI-Verlagerung und Herniationsvolumen nachweisen, dass die Analyse der Muskelverlagerung der Weichgewebsverlagerung bereits entspricht und nicht erneut bzw. zusätzlich verwendet werden muss [Rhee 2014]. Durch den fehlenden Zusammenhang des Parameters „Emphysem“ zu sämtlichen Symptomen kann dieser anhand der vorliegenden Ergebnisse aus der Klassifikation entfernt werden. Ähnliches gilt für das Vorkommen von intraorbitalen Fraktursplittern im CT, wobei hier anzumerken ist, dass im Gegensatz zum Emphysem die fehlenden Fallzahlen zum Teil als Ursache für die fehlenden Zusammenhänge gesehen werden. Eine weitere Studie bezüglich dieses Parameters wäre sinnvoll, wobei der Nutzen aufgrund des äußerst seltenen Auftretens bei isolierten Orbitabodenfrakturen in Frage gestellt werden kann. Es zeigte sich zusätzlich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Monokelhämatoms, welches nahezu doppelt so häufig in Gruppe II und III vorkommt als in den anderen. Ein Zusammenhang mit den einzelnen überprüften Befunden der Klassifikation ergab sich jedoch nicht und ist in der Literatur bis jetzt auch nicht beschrieben. Mit Veränderung der Klassifikation nach oben beschriebener Art muss dieser Umstand erneut geprüft werden, um Rückschlüsse über eine eventuell mögliche Abschätzbarkeit von Gruppen im Voraus besser treffen zu können. Aufgrund der

durchschnittlichen Wahrscheinlichkeit von 37,5 % für das Auftreten von Monokelhämatomen bei den Gruppen I und IV im Vergleich zu 85,7 % bzw. 74,4 % bei den Gruppen II und III sowie der verpflichtenden präoperativen Evaluation der CT-Bilder, erscheint diese Prognosemöglichkeit unsicher und unnötig für den klinischen Alltag. Die Zusammenhänge der Klassifikation mit den Symptomen bei isolierten Orbitabodenfrakturen zeigten sich nicht für Frakturen mit Ausdehnung auf die mediale Wand. Ein Enophthalmus war im Kollektiv der Frakturen mit Beeinträchtigung der medialen Wand nur einmal vorhanden. Dies gibt Anlass dazu, den fehlenden Zusammenhang mit Anwendung der Klassifikation für diese Frakturart und einer größeren Fallzahl des Symptoms erneut zu überprüfen. Selbiges gilt für das Auftreten von Doppelbildern und Motilitätsstörungen, da in den Gruppen I und II nur jeweils zwei Fälle insgesamt vorhanden waren.

6.5 Ausblick und Kritik

Ausgehend von den Ergebnissen der Klassifikation steht die Gruppe IV in Kontrast zu den anderen Gruppen, da die für eine operative Therapie maßgeblichen Symptome signifikant häufiger vorkommen. Patienten, bei denen eine Einteilung in diese Gruppe anhand der Beurteilung der präoperativen CT-Aufnahmen vorliegt, sollten daher auch in Zukunft zügig chirurgisch therapiert werden. In Bezug auf die Gruppen I, II und III lässt sich diese Aussage nicht eindeutig treffen. Da in unserem Kollektiv nur Patienten einbezogen wurden, welche am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität operativ behandelt wurden, erscheint vor allem eine erneute Evaluation der Klassifikation mit konservativ versorgten Patienten in mehrerer Hinsicht sinnvoll. Zum Einen sollte überprüft werden, ob bei Patienten mit der Gruppeneinteilung I, II und III die Symptome Diplopie, Motilitätsstörungen und Enophthalmus über einen längeren Follow-up Zeitraum verschwinden bzw. persistieren oder im Falle eines Enophthalmus sich entwickeln. Eine Verbesserung der Doppelbilder und Bewegungsstörungen sowie das Fehlen eines Enophthalmus würde unsere Gruppeneinteilung verifizieren. Eine häufige Persistenz bzw. das zusätzliche Auftreten eines sekundären Enophthalmus in diesen Gruppen würde hingegen die Anwendung nach diesem Schema nicht bestätigen. Zum Anderen wurden in dieser Studie die Diagnosen aus präoperativen Augenkonsilen entnommen und der zeitliche Abstand dieser Untersuchung zum Trauma konnte retrospektiv nicht mehr nachvollzogen werden. Es ist also anzunehmen, dass ein Teil der diagnostizierten Doppelbilder und Motilitätsstörungen schwellungsbedingt verursacht wurden. Trotzdem kann bei einer derart häufig auftretenden Symptomatik auch von einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für eine Persistenz dieser Symptome ausgegangen

werden. Ein Auftreten der Symptomatik im Recall bei nicht operierten Patienten mit Einteilung in Gruppe IV in zukünftigen Studien würde eine Bestätigung der Ergebnissen dieser Arbeit darstellen. Im Gegensatz dazu stellt der diagnostizierte Enophthalmus ein unverfälschtes Symptom dar, da er sich nur im Zustand reduzierter Schwellung oder bei großen Traumata trotz Schwellung zeigt. Ein Kritikpunkt könnte hierbei die geringe Fallzahl darstellen, wobei die eindeutige Zuordnung aller Fälle zur Gruppe IV bereits eindeutig ist. Die radiologische Methodik hat sich bei allen Parametern als sinnvoll dargestellt. Bei der Bewertung der Muskelinkarzeration veranlassen die Ergebnisse dazu, eine Evaluation der Methodik im Vergleich mit anderen in der Literatur publizierten Methoden wie in Kapitel 6.3.2 beschrieben, durchzuführen. Eine vergleichende Studie ist nach Kenntnisstand des Autors bis dato nicht durchgeführt worden. Sollte sich hierbei eine Verbesserung darstellen, ist diese sinnvollerweise als Ersatz der in dieser Arbeit beschriebenen Methodik zu verwenden. Aufgrund der fehlenden Zusammenhänge zwischen einem radiologisch gesicherten Emphysem und der klinischen Symptomatik bietet es sich an, diesen Parameter in zukünftigen Studien mit anderen in der Literatur beschriebenen auszutauschen. Die von Matic et al. und Chiasson et al. beschriebene Veränderung der Form des MRI erscheint hier vielversprechend [Chiasson 2010, Matic 2007]. Ähnliches gilt für den Parameter der Knochensplitter, welcher jedoch durch höhere Fallzahlen vorher erneut evaluiert werden sollte. Kommt es zu einem Wechsel der Parameter, muss in folgenden Studien der Zusammenhang der Klassifikationsgruppen mit der präoperativen bzw. posttraumatischen Klinik erneut bestätigt werden.

7 Zusammenfassung

Die Therapie von Orbitabodenfrakturen erfolgt in medizinischen Zentren nach wie vor nicht einheitlich und ist bereits seit Jahrzehnten ein intensiv diskutiertes Thema in der Literatur [Burnstine 2002, Dubois 2015b, Schouman 2012b]. Die Indikationen für einen operativen Eingriff, beziehungsweise seine Sinnhaftigkeit im Vergleich zur rein konservativen Therapie stehen dabei im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Debatte. Diese betrifft vor allem Orbitafrakturen mit einem kleineren Ausmaß, bei welchen klare OP-Indikationen wie zum Beispiel eine Gesichtsassymetrie, ein deutlicher Hypophthalmus, ausgeprägte Diplopien und eine klinisch verifizierbare Einklemmung von Augenmuskeln fehlen [Hausamen J.-E. 2012]. Im Zuge dessen stellt die Analyse von bestimmten Parametern der präoperativen CT-Aufnahme eine Hilfestellung im klinischen Alltag dar. Eine Verzögerung der Operation kann dabei das Outcome negativ beeinflussen oder einen bleibenden Schaden an den Augenmuskeln verursachen [Chiasson 2010, Hammer 1995b, Higashino 2011, Schon 2006, Schouman 2012b, Smith 1984]. Im Umkehrschluss könnte eine rein konservative Therapie bei richtiger Indikationsstellung die Nebenwirkungen eines operativen Eingriffs vermeiden und diesen überflüssig machen [Tang 2011].

Aufgrund dessen war es das Ziel dieser vorgelegten Studie eine auf CT-Aufnahmen basierte Klassifikation zur präoperativen Bewertung von Orbitabodenfrakturen zu entwerfen und diese zu evaluieren. Im Hinblick auf die Operationsindikation sollte die Klassifikation eine einfache, präoperative Bewertung von CT-Aufnahmen ermöglichen, um Evidenz-basierte Entscheidungen für oder wider zu treffen. Zur Bewertung der Klassifikation und Beurteilung der dafür ausgewählten Parameter wurden diese auf Zusammenhänge, mit den präoperativ bestimmtem ophthalmologischen Symptomen hin untersucht. Dies wurde sowohl für die Klassifikation als auch für die Parameter einzeln durchgeführt. Die Parameter der Klassifikation wurden dabei anhand von typischen Befunden in CT-Aufnahmen bei Orbitabodenfrakturen und bereits in der Literatur beschriebenen prognostischen Faktoren ausgewählt.

In die Studie eingeschlossen wurden 106 Patienten welche im Zeitraum von 16.02.2011 bis 14.12.2015 im Klinikum Rechts der Isar der Technischen Universität München aufgrund einer Orbitabodenfraktur operiert wurden. Bei diesen wurden retrospektiv jeweils die sechs radiologischen Parameter Frakturgröße, Ausdehnung auf weitere Frakturwände, Verlagerung des Musculus rectus inferior, Inkarzeration von Muskeln, intraorbitale Emphyseme und

intraorbitale Knochensplitter untersucht. Die Erhebung der ophthalmologischen Symptome erfolgte retrospektiv aus den Akten des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München. Präoperative Beschwerden, welche in der Studie betrachtet und in der Klinik und Poliklinik für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie diagnostiziert wurden, waren eine Hypästhesie des N. infraorbitalis und das Auftreten eines Enophthalmus. In die Studie aufgenommene präoperative Diagnosen, welche aus dem Augenkonsil entnommen wurden und in der Klinik für Augenheilkunde des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München erhoben wurden, waren: Doppelbilder, Visuseinschränkung, Motilitätseinschränkung, Enophthalmus, Retrobulbärhämatom, Monokelhämatom, Hyposphagma, Ablatio retinae, Contusion des Bulbus, Netzhautödem, Sphinktereinriss und traumatische Mydriasis.

Der statistische Vergleich der Größen mit den hier untersuchten Befunden erfolgte parametrisch mit dem t-Test für unabhängige Stichproben. Zudem wurde eine ROC-Analyse durchgeführt. Zu ordinal und nominal skalierten Größen wurden absolute und prozentuale Häufigkeiten angegeben. Diese wurden in Kontingenztafeln gegenübergestellt, sodass mit dem Chi-Quadrat-Test auf Abhängigkeit geprüft werden konnte. Bei zu kleinen erwarteten Häufigkeiten kam der exakte Test nach Fisher zur Anwendung. Es wurde zweiseitig getestet und ein Signifikanzniveau von 5 % zugrunde gelegt. Für die Durchführung der statistischen Berechnungen wurde IBM SPSS Statistics 24 (SPSS Inc. an IBM Company, Chicago, IL) eingesetzt.

66 (62,3 %) der betrachteten Patienten des Studienkollektivs waren männlich und 39 (36,8 %) weiblich. Als Ursache des Traumas waren Rohheitsdelikte (38,7 %), häusliche Stürze (38,7 %), Sport- (17 %) und Verkehrsunfälle (4,7 %) verantwortlich.

Für den radiologischen Parameter der Frakturgröße zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit dem Auftreten von Doppelbildern (T-Test, $p = 0,014$). Dieser betrug im Mittel $302,78 \text{ mm}^{\$}$ bei Patienten mit Doppelbildern. Für den Parameter der Muskelinkarzeration ergab sich ein Zusammenhang mit dem Auftreten von Doppelbildern (exakter Test nach Fisher $p = 0,043$) und Motilitätsstörungen der Augenmuskeln (exakter Test nach Fisher $p = 0,015$). Die Position des Musculus rectus inferior im CT-Schnittbild erwies sich als signifikant im Zusammenhang mit Doppelbildern (exakter Test nach Fisher $p = 0,021$), Motilitätsstörungen (exakter Test nach Fisher $p = 0,0002$) und dem Auftreten eines Enophthalmus (exakter Test nach Fisher $p = 0,002$). Für die Parameter eines intraorbitalen Emphysems und intraorbitale Knochensplitter ergaben sich keine Zusammenhänge. Daraus ergab sich für die Klassifikation basierend auf diesen Punkten ein

signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen im Bezug auf die Symptomatik von Motilitätsstörungen ($p = 0,038$), Diplopie ($p = 0,038$), Enophthalmus ($p = 0,0003$) und eines Monokelhämatoms ($p = 0,019$).

Insgesamt erscheinen die radiologischen Parameter der Frakturgröße, Verlagerung des Musculus rectus inferior und die Bestimmung von Inkarcerationen, bedingt durch die Ergebnisse dieser Studie, hilfreich zur Vorhersage von präoperativen ophthalmologischen Symptomen. Ebenso lassen die Ergebnisse die Anwendung der Klassifikation im klinischen Alltag als präoperative Entscheidungshilfe als sinnvoll erscheinen. Ansatzpunkt für weitere Studien bietet hierbei der Austausch der Parameter Emphysem und Knochensplitter durch andere radiologische Faktoren. Des Weiteren zeigt sich durch diese vorgelegte Arbeit, dass eine randomisierte, kontrollierte prospektive Studie, welche Orbitabodenfrakturen mit unklarer OP-Indikation vergleichend im Bezug auf eine operative und konservative Therapie hin untersucht, für den klinischen Alltag hilfreich wäre.

8 Literaturverzeichnis

Adesanya, O. O., Dawkins, D. M. (2007). "Intraorbital wooden foreign body (IOFB): mimicking air on CT." Emergency Radiology, 14(1), 45-49.

Aksoy, E., Unlu, E., Sensoz, O. (2002). "A retrospective study on epidemiology and treatment of maxillofacial fractures." The Journal of craniofacial surgery, 13(6), 772-775.

Andrades, P., Hernandez, D., Falguera, M. I., Millan, J. M., Heredero, S., Gutierrez, R., Sánchez-Aniceto, G. (2009). "Degrees of Tolerance in Post-Traumatic Orbital Volume Correction: The Role of Prefabricated Mesh." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 67(11), 2404-2411.

Antonyshyn, O., Gruss, J. S., Kassel, E. E. (1989). "Blow-in fractures of the orbit." Plastic and reconstructive surgery, 84(1), 10-20.

AO Foundation (2017a) Examination of Patients with midfacial injuries (https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgerymobile?contentUrl=/srg/popup/additional_material/92/X70-examination.jsp&soloState=precomp&title=&Language=en&bone=CMF&segment=Midface)
Access Date: 04.05.2018

AO Foundation (2017b) Bony Anatomy of the Orbit (https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAzMifULsh0VAAbWjLW0!/?bone=CMF&segment=Midface&showPage=A&contentUrl=srg/popup/additional_material/92/03-TheBonyOrbit.jsp)
Access Date: 18.10.2017

Avashia, Y. J., Sastry, A., Fan, K. L., Mir, H. S., Thaller, S. R. (2012). "Materials used for reconstruction after orbital floor fracture." The Journal of craniofacial surgery, 23(7 Suppl 1), 1991-1997.

Bagatin, M. (1987). "Reconstruction of orbital defects with autogenous bone from mandibular symphysis." Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 15(103-105).

Bähr, W., Bagambisa, F. B., Schlegel, G., Schilli, W. (1992). "Comparison of Transcutaneous Incisions Used for Exposure of the Infraorbital Rim and Orbital Floor: A Retrospective Study." Plastic and reconstructive surgery, 90(4), 585-591.

Bansagi, Z. C., Meyer, D. R. (2000). "Internal orbital fractures in the pediatric age group: characterization and management." Ophthalmology, 107(5), 829-836.

Baumann, A., Ewers, R. (2001). "Use of the preseptal transconjunctival approach in orbit reconstruction surgery." Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 59(3), 287-291; discussion 291-282.

Baumann, A., Burggasser, G., Gauss, N., Ewers, R. (2002). "Orbital floor reconstruction with an alloplastic resorbable polydioxanone sheet." International journal of oral and maxillofacial surgery, 31(4), 367-373.

Bayat, M., Momen-Heravi, F., Khalilzadeh, O., Mirhosseni, Z., Sadeghi-Tari, A. (2010). "Comparison of conchal cartilage graft with nasal septal cartilage graft for reconstruction of orbital floor blowout fractures." British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 48(8), 617-620.

Beck-Broichsitter, B. E., Acar, C., Kandzia, C., Jochens, A., Wiltfang, J., Becker, S. T. (2015). "Reconstruction of the orbital floor with polydioxanone: a long-term clinical survey of up to 12 years." British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 53(8), 736-740.

Benharbit, M., Karim, A., Lazreq, M., Mohcine, Z. (2003). "Emergency treatment of post-traumatic orbital emphysema: a case report." Journal francais d'ophtalmologie, 26(9), 957-959.

Bertram, G. W., Kellner U., Reuber H. (2011) Verletzungen des Auges und seiner

Anhangsgebilde; Leitlinie Nr: 8 (<http://augeninfo.de/leit/leit08.pdf>) Access Date: 20.09.2017

Biesman, B. S., Hornblass, A., Lisman, R., Kazlas, M. (1996). "Diplopia after surgical repair of orbital floor fractures." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 12(1), 9-16; discussion 17.

Boush, G. A., Lemke, B. N. (1994). "Progressive infraorbital nerve hypesthesia as a primary indication for blow-out fracture repair." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 10(4), 271-275.

Bowers, J. F. (1964). "The Management of Blow-out Fracture of the orbital floor." Survey of ophthalmology, 9237-243.

Boyette, J. R., Pemberton, J. D., Bonilla-Velez, J. (2015). "Management of orbital fractures: challenges and solutions." Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.), 92127-2137.

Brady, S. M., McMann, M. A., Mazzoli, R. A., Bushley, D. M., Ainbinder, D. J., Carroll, R. B. (2001). "The diagnosis and management of orbital blowout fractures: Update 2001." The American Journal of Emergency Medicine, 19(2), 147-154.

Brucoli, M., Arcuri, F., Cavenaghi, R., Benech, A. (2011). "Analysis of complications after surgical repair of orbital fractures." The Journal of craniofacial surgery, 22(4), 1387-1390.

Buchel, P., Rahal, A., Seto, I., Iizuka, T. (2005). "Reconstruction of orbital floor fracture with polyglactin 910/polydioxanon patch (ethisorb): a retrospective study." Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 63(5), 646-650.

Burm, J. S., Chung, C. H., Oh, S. J. (1999). "Pure orbital blowout fracture: new concepts and importance of medial orbital blowout fracture." Plastic and reconstructive surgery, 103(7), 1839-1849.

Burnstine, M. A. (2002). "Clinical recommendations for repair of isolated orbital floor

fractures: an evidence-based analysis." Ophthalmology, 109(7), 1207-1210; discussion 1210-1201; quiz 1212-1203.

Chen, C.-T., Chen, Y.-R. (2001). "Endoscopically assisted repair of orbital floor fractures." Plastic and reconstructive surgery, 108(7), 2011-2018; discussion 2019.

Chi, M. J., Ku, M., Shin, K. H., Baek, S. (2010). "An analysis of 733 surgically treated blowout fractures." Ophthalmologica. Journal international d'ophtalmologie. International journal of ophthalmology. Zeitschrift fur Augenheilkunde, 224(3), 167-175.

Chiasson, G., Matic, D. B. (2010). "Muscle shape as a predictor of traumatic enophthalmos." Craniomaxillofacial trauma & reconstruction, 3(3), 125-130.

Choi, J., Park, S. W., Kim, J., Park, J., Kim, J. S. (2016). "Predicting late enophthalmos: Differences between medial and inferior orbital wall fractures." Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS, 69(12), e238-e244.

Chowdhury, K., Krause, G. E. (1998). "Selection of materials for orbital floor reconstruction." Archives of otolaryngology--head & neck surgery, 124(12), 1398-1401.

Converse, J. (1944). "Two plastic operations for repair of orbit following severe trauma and extensive comminuted fracture." Archives of Ophthalmology, 31(4), 323-325.

Converse, J. M., Smith, B. (1957). "Enophthalmos and diplopia in fractures of the orbital floor." British journal of plastic surgery, 9(4), 265-274.

Converse, J. M., Smith, B., Obear, M. F., Wood-Smith, D. (1967). "Orbital blowout fractures: a ten-year survey." Plastic and reconstructive surgery, 39(1), 20-36.

Converse, J. M., Firmin, F., Wood-Smith, D., Friedland, J. A. (1973). "The conjunctival approach in orbital fractures." Plastic and reconstructive surgery, 52(6), 656-657.

Cornelius, C. P., Mayer, P., Ehrenfeld, M., Metzger, M. C. (2014). "The orbits--anatomical

features in view of innovative surgical methods.“ Facial plastic surgery : FPS, 30(5), 487-508.

Courtney, D. J., Thomas, S., Whitfield, P. H. (2000). “Isolated orbital blowout fractures: survey and review.“ The British journal of oral & maxillofacial surgery, 38(5), 496-504.

Crosara, J. d. M., da Rosa, E. L. S., e Silva, M. R. M. A. (2016). “Comparison of cutaneous incisions to approach the infraorbital rim and orbital floor.“ Brazilian Journal of Oral Sciences88-91% @ 1677-3225.

Cruz, A. A., Eichenberger, G. C. (2004). “Epidemiology and management of orbital fractures.“ Current opinion in ophthalmology, 15(5), 416-421.

Cunningham, J. D., Marden, P. A. (1962). “Blow-out fractures of the orbital floor.“ Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960), 68492-497.

Cunningham, L. L., Peterson, G. P., Haug, R. H. (2005). “The relationship between enophthalmos, linear displacement, and volume change in experimentally recreated orbital fractures.“ Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 63(8), 1169-1173.

Davidson, T. M., Olesen, R. M., Nahum, A. M. (1975). “Medial orbital wall fracture with rectus entrapment.“ Archives of otolaryngology (Chicago, Ill. : 1960), 101(1), 33-35.

Dietz, A., Ziegler, C. M., Dacho, A., Althof, F., Conradt, C., Kolling, G., von Boehmer, H., Steffen, H. (2001). “Effectiveness of a new perforated 0.15 mm poly-p-dioxanon-foil versus titanium-dynamic mesh in reconstruction of the orbital floor.“ Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 29(2), 82-88.

Dingman R.-O., Natvig P. (1964). “Surgery of Facial Fractures.“ Saunders211-234.

Dobler, A. A. (1993). “A case of orbital emphysema as an ocular emergency.“ RETINA, 13(2), 166-168.

Dubois, L., Steenen, S. A., Gooris, P. J., Mourits, M. P., Becking, A. G. (2015a). "Controversies in orbital reconstruction--I. Defect-driven orbital reconstruction: a systematic review." International journal of oral and maxillofacial surgery, 44(3), 308-315.

Dubois, L., Steenen, S. A., Gooris, P. J., Mourits, M. P., Becking, A. G. (2015b). "Controversies in orbital reconstruction--II. Timing of post-traumatic orbital reconstruction: a systematic review." International journal of oral and maxillofacial surgery, 44(4), 433-440.

Dubois, L., Steenen, S. A., Gooris, P. J., Bos, R. R., Becking, A. G. (2016). "Controversies in orbital reconstruction-III. Biomaterials for orbital reconstruction: a review with clinical recommendations." International journal of oral and maxillofacial surgery, 45(1), 41-50.

Duma, S. M., Jernigan, M. V. (2003). "The effects of airbags on orbital fracture patterns in frontal automobile crashes." Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery, 19(2), 107-111.

Edgin, W. A., Morgan-Marshall, A., Fitzsimmons, T. D. (2007). "Transcaruncular Approach to Medial Orbital Wall Fractures." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 65(11), 2345-2349.

Egbert, J. E., May, K., Kersten, R. C., Kulwin, D. R. (2000). "Pediatric orbital floor fracture." Ophthalmology, 107(10), 1875-1879.

Ellis, E., 3rd, el-Attar, A., Moos, K. F. (1985). "An analysis of 2,067 cases of zygomatico-orbital fracture." Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 43(6), 417-428.

Ellis, E., 3rd, Tan, Y. (2003a). "Assessment of internal orbital reconstructions for pure blowout fractures: Cranial bone grafts versus titanium mesh." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 61(4), 442-453.

Ellis, E., 3rd, Tan, Y. (2003b). "Assessment of internal orbital reconstructions for pure blowout fractures: cranial bone grafts versus titanium mesh." Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 61(4), 442-453.

- Ellis, E., 3rd, Messo, E. (2004). "Use of nonresorbable alloplastic implants for internal orbital reconstruction." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 62(7), 873-881.
- Emery, J., Noorden, G. v., Sclernitzauer, D. (1971). "Orbital floor fractures: long-term follow-up of cases with and without surgical repair." Transactions-American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology. American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, 75(4), 802-812.
- Enislidis, G. (2004). "Treatment of orbital fractures: the case for treatment with resorbable materials." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 62(7), 869-872.
- Ethunandan, M., Evans, B. (2011). "Linear trapdoor or "white-eye" blowout fracture of the orbit: not restricted to children." British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 49(2), 142-147.
- Fan, X., Li, J., Zhu, J., Li, H., Zhang, D. (2003). "Computer-assisted orbital volume measurement in the surgical correction of late enophthalmos caused by blowout fractures." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 19(3), 207-211.
- Feldman, E. M., Bruner, T. W., Sharabi, S. E., Koshy, J. C., Hollier, L. H., Jr. (2011). "The subtarsal incision: where should it be placed?" Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 69(9), 2419-2423.
- Fujino, T. (1974a). "Experimental "blowout" fracture of the orbit." Plastic and reconstructive surgery, 54(1), 81-82.
- Fujino, T., Sugimoto, C., Tajima, S., Moribe, Y., Sato, T. B. (1974b). "Mechanism of orbital blowout fracture. II. Analysis by high speed camera in two dimensional eye model." The Keio journal of medicine, 23(3), 115-124.
- Garber, P. F. (1987). "Orbital fractures: eyelid approach." Advances in ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 6365-375.

- Gart, M. S., Gosain, A. K. (2014). "Evidence-based medicine: Orbital floor fractures." Plastic and reconstructive surgery, 134(6), 1345-1355.
- Gear, A. J., Lokeh, A., Aldridge, J. H., Migliori, M. R., Benjamin, C. I., Schubert, W. (2002). "Safety of titanium mesh for orbital reconstruction." Annals of plastic surgery, 48(1), 1-7; discussion 7-9.
- Gerbino, G., Ramieri, G. A., Nasi, A. (2005). "Diagnosis and treatment of retrobulbar haematomas following blunt orbital trauma: a description of eight cases." International journal of oral and maxillofacial surgery, 34(2), 127-131.
- Gerressen, M., Gilleßen, S., Riediger, D., Hölzle, F., Modabber, A., Ghassemi, A. (2012). "Radiologic and Facial Morphologic Long-Term Results in Treatment of Orbital Floor Fracture With Flexible Absorbable Alloplastic Material." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 70(10), 2375-2385.
- Gewalli, F., Sahlin, P., Guimarães-Ferreira, J., Lauritzen, C. (2003). "Orbital fractures in craniofacial trauma in Göteborg: trauma scoring, operative techniques, and outcome." Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery and hand surgery, 37(2), 69-74.
- Gierloff, M., Seeck, N. G. K., Springer, I., Becker, S., Kandzia, C., Wiltfang, J. (2012). "Orbital Floor Reconstruction With Resorbable Polydioxanone Implants." Journal of Craniofacial Surgery, 23(1), 161-164.
- Gilbard, S. M., Mafee, M. F., Lagouros, P. A., Langer, B. G. (1985). "Orbital blowout fractures. The prognostic significance of computed tomography." Ophthalmology, 92(11), 1523-1528.
- Girdler, N., Hosseini, M. (1992). "Orbital floor reconstruction with autogenous bone harvested from the mandibular lingual cortex." British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 30(1), 36-38.
- Godoy, J., Mathog, R. H. (1985). "Malar fractures associated with exophthalmos." Archives of

otolaryngology (Chicago, Ill. : 1960), 111(3), 174-177.

Goldberg, R. A., Lessner, A. M., Shorr, N., Baylis, H. I. (1990). "The transconjunctival approach to the orbital floor and orbital fat. A prospective study." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 6(4), 241-246.

Goldberg, R. A., Garbutt, M., Shorr, N. (1993). "Oculoplastic uses of cranial bone grafts." Ophthalmic surgery, 24(3), 190-196.

Gonty, A. A., Marciani, R. D., Adornato, D. C. (1999). "Management of frontal sinus fractures: A review of 33 cases." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 57(4), 372-379.

Gor, D. M., Kirsch, C. F., Leen, J., Turbin, R., Von Hagen, S. (2001). "Radiologic differentiation of intraocular glass: evaluation of imaging techniques, glass types, size, and effect of intraocular hemorrhage." AJR. American journal of roentgenology, 177(5), 1199-1203.

Gosau, M., Schoneich, M., Draenert, F. G., Ettl, T., Driemel, O., Reichert, T. E. (2011). "Retrospective analysis of orbital floor fractures--complications, outcome, and review of literature." Clinical oral investigations, 15(3), 305-313.

Graham, S. M., Thomas, R. D., Carter, K. D., Nerad, J. A. (2002). "The transcaruncular approach to the medial orbital wall." Laryngoscope, 112(6), 986-989.

Grant, M. P., Iliff, N. T., Manson, P. N. (1997). "Strategies for the treatment of enophthalmos." Clinics in plastic surgery, 24(3), 539-550.

Hammer, B. "Orbital fractures: diagnosis, operative treatment, secondary corrections", Hogrefe & Huber Pub1995a

Hammer, B., Prein, J. (1995b). "Correction of post-traumatic orbital deformities: operative techniques and review of 26 patients." Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 23(2), 81-90.

Harris, G. J., Garcia, G. H., Logani, S. C., Murphy, M. L. (2000). "Correlation of preoperative computed tomography and postoperative ocular motility in orbital blowout fractures." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 16(3), 179-187.

Haug, R. H., Van Sickels, J. E., Jenkins, W. S. (2002). "Demographics and treatment options for orbital roof fractures." Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 93(3), 238-246.

Hausamen J.-E., Reuther J.F., Eufinger H., Machtens E., Kübler A., Schliephake H. "Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie", 2012

Hawes, M. J., Dortzbach, R. K. (1983). "Surgery on Orbital Floor Fractures." Ophthalmology, 90(9), 1066-1070.

He, D., Blomquist, P. H., Ellis, E. (2007). "Association Between Ocular Injuries and Internal Orbital Fractures." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 65(4), 713-720.

Heckler, F. R., Songcharoen, S., Sultani, F. A. (1983). "Subciliary incision and skin-muscle eyelid flap for orbital fractures." Annals of plastic surgery, 10(4), 309-313.

Higashino, T., Hirabayashi, S., Eguchi, T., Kato, Y. (2011). "Straightforward factors for predicting the prognosis of blow-out fractures." The Journal of craniofacial surgery, 22(4), 1210-1214.

Holtmann, B., Wray, R. C., Little, A. G. (1981a). "A randomized comparison of four incisions for orbital fractures." Plastic and reconstructive surgery, 67(6), 731-737.

Holtmann, B., Wray, R. C., Little, A. G. (1981b). "A Randomized Comparison of Four Incisions for Orbital Fractures." Plastic and reconstructive surgery, 67(6), 731-735.

Horch, H.-H. "Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie", 2006, 2006

Hossal, B. M., Beatty, R. L. (2002). "Diplopia and enophthalmos after surgical repair of

blowout fracture.“ Orbit, 21(1), 27-33.

Hunts, J. H., Patrinely, J. R., Holds, J. B., Anderson, R. L. (1994). “Orbital Emphysema: Staging and Acute Management.“ Ophthalmology, 101(5), 960-966.

Hwang, K., You, S. H., Sohn, I. A. (2009). “Analysis of orbital bone fractures: a 12-year study of 391 patients.“ The Journal of craniofacial surgery, 20(4), 1218-1223.

Iinuma, T., Hirota, Y., Ishio, K. (1994). “Orbital wall fractures. Conventional views and CT.“ Rhinology, 32(2), 81-83.

Iizuka, T., Mikkonen, P., Paukku, P., Lindqvist, C. (1991). “Reconstruction of orbital floor with polydioxanone plate.“ International journal of oral and maxillofacial surgery, 20(2), 83-87.

Ilanckovan, V., Jackson, I. T. (1992). “Experience in the use of calvarial bone grafts in orbital reconstruction.“ The British journal of oral & maxillofacial surgery, 30(2), 92-96.

Ilyff, N., Manson, P. N., Katz, J., Rever, L., Yaremchuk, M. (1999). “Mechanisms of extraocular muscle injury in orbital fractures.“ Plastic and reconstructive surgery, 103(3), 787-799.

Jank, S., Emshoff, R., Schuchter, B., Strobl, H., Brandlmaier, I., Norer, B. (2003a). “Orbital floor reconstruction with flexible Ethisorb patches: a retrospective long-term follow-up study.“ Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics, 95(1), 16-22.

Jank, S., Schuchter, B., Strobl, H., Emshoff, R., Baldissera, I., Nicasi, A., Norer, B. (2003b). “Posttraumatische Bulbusmotilität bei Orbitabodenfrakturen.“ Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, 7(1), 19-24.

Jaquiere, C., Aeppli, C., Cornelius, P., Palmowsky, A., Kunz, C., Hammer, B. (2007). “Reconstruction of orbital wall defects: critical review of 72 patients.“ International journal of oral and maxillofacial surgery, 36(3), 193-199.

Jin, H. R., Shin, S. O., Choo, M. J., Choi, Y. S. (2000). "Relationship between the extent of fracture and the degree of enophthalmos in isolated blowout fractures of the medial orbital wall." Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 58(6), 617-620; discussion 620-611.

Joos, U. (1996). "Therapy of orbital fractures." Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie, 4132-38.

Jordan, D., Allen, L., White, J., Harvey, J., Pashby, R., Esmaeli, B. (1998). "Intervention within days for some orbital floor fractures: the white-eyed blowout." Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery, 14(6), 379-390.

Joseph, J. M., Rosenberg, C., Zoumalan, C. I., Zoumalan, R. A., White, W. M., Lisman, R. D. (2009). "Oculocardiac Reflex Associated With a Large Orbital Floor Fracture." Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery, 25(6), 496-498.

Kakizaki, H., Zako, M., Katori, N., Iwaki, M. (2006). "Adult medial orbital wall trapdoor fracture with missing medial rectus muscle." Orbit, 25(1), 61-63.

Knight, J., North, J. (1960). "The classification of malar fractures: an analysis of displacement as a guide to treatment." British journal of plastic surgery, 13325-339.

Kohn, R., Romano, P. E., Puklin, J. E. (1976). "Lacrimal obstruction after migration of orbital floor implant." American journal of ophthalmology, 82(6), 934-936.

Kolk, A., Stimmer, H., Klopfer, M., Wolff, K.-D., Hohlweg-Majert, B., Ploder, O., Pautke, C. (2009). "High Resolution Magnetic Resonance Imaging With an Orbital Coil as an Alternative to Computed Tomography Scan as the Primary Imaging Modality of Pediatric Orbital Fractures." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 67(2), 348-356.

Kontio, R., Suuronen, R., Salonen, O., Paukku, P., Kontinen, Y. T., Lindqvist, C. (2001). "Effectiveness of operative treatment of internal orbital wall fracture with polydioxanone implant." International journal of oral and maxillofacial surgery, 30(4), 278-285.

Koornneef, L. (1977a). "The architecture of the musculo-fibrous apparatus in the human orbit." Acta morphologica Neerlandico-Scandinavica, 15(1), 35-64.

Koornneef, L. (1977b). "New insights in the human orbital connective tissue. Result of a new anatomical approach." Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960), 95(7), 1269-1273.

Koornneef, L. (1979). "Orbital septa: anatomy and function." Ophthalmology, 86(5), 876-880.

Koornneef, L. (1982). "Current concepts on the management of orbital blow-out fractures." Annals of plastic surgery, 9(3), 185-200.

Koornneef, L. (1988). "Eyelid and orbital fascial attachments and their clinical significance." Eye (London, England), 2 (Pt 2)130-134.

Kothari, N. A., Avashia, Y. J., Lemelman, B. T., Mir, H. S., Thaller, S. R. (2012). "Incisions for orbital floor exploration." The Journal of craniofacial surgery, 23(7 Suppl 1), 1985-1989.

Krainau, R., Klesper, B., Hellner, D., Reinhardt, R. (1991). "Langzeitergebnisse nach Orbitatrümmerfrakturen unter besonderer Berücksichtigung der Orbitabodenrekonstruktion mit einer resorbierbaren PDS-Platte." Fortschr Kiefer- u Gesichtschir, 36217-218.

Kreidl, K. O., Kim, D. Y., Mansour, S. E. (2003). "Prevalence of significant intraocular sequelae in blunt orbital trauma." The American Journal of Emergency Medicine, 21(7), 525-528.

Kriens, O. (1980). "Blowout fractures - maxillofacial-surgical aspects on diagnosis and treatment " Bericht über die Zusammenkunft. Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, 78805-814.

Kubal, W. S. (2008). "Imaging of Orbital Trauma." RadioGraphics, 28(6), 1729-1739.

Kum, C., McCulley, T. J., Yoon, M. K., Hwang, T. N. (2009). "Adult orbital trapdoor fracture." Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery, 25(6), 486-487.

Kumar, V. S., Rao, N. K., Mohan, K. R., Krishna, L., Prasad, B. S., Ranganadh, N., Lakshmi, V. (2016). "Minimizing complications associated with coronal approach by application of various modifications in surgical technique for treating facial trauma: A prospective study." National Journal of Maxillofacial Surgery, 7(1), 21-28.

Kunz, C., Sigron, G. R., Jaquier, C. (2013). "Functional outcome after non-surgical management of orbital fractures--the bias of decision-making according to size of defect: critical review of 48 patients." The British journal of oral & maxillofacial surgery, 51(6), 486-492.

Kushner, B. J. (1982). "Paresis and restriction of the inferior rectus muscle after orbital floor fracture." Am J Ophthalmol, 94(1), 81-86.

Lang, J. "Kopf. Teil B: Gehirn und Augenschädel, Praktische Anatomie", Berlin, Heidelberg, New York: Springer Springer Verlag 1979

Lang, W. (1889). "Traumatic enophthalmos with retention of perfect acuity of vision." Trans Ophthalmol Soc UK, 9(1), 41.

Larsen, O. D., Thomsen, M. (1978). "Zygomatic fractures: I. A simplified classification for practical use." Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery, 12(1), 55-58.

Le Fort, R. (1901). "Etude experimentale sur les fractures de la machoire superieure." Rev Chir, 23(208), 360.

Lee, C. S., Yoon, J. S., Lee, S. Y. (2009a). "Combined transconjunctival and transcaruncular approach for repair of large medial orbital wall fractures." Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960), 127(3), 291-296.

Lee, H. B., Nunery, W. R. (2009b). "Orbital adherence syndrome secondary to titanium implant material." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 25(1), 33-36.

Lerman, S., Cramer, L. M. (1964). "Blowout fractures of the orbit." American journal of

ophthalmology, 57(2), 264-267.

Lerman, S. (1970). "Blowout fracture of the orbit. Diagnosis and treatment." The British journal of ophthalmology, 54(2), 90.

Lieger, O., Richards, R., Liu, M., Lloyd, T. (2010). "Computer-assisted design and manufacture of implants in the late reconstruction of extensive orbital fractures." Archives of facial plastic surgery, 12(3), 186-191.

Lighterman, I., Reckson, C. (1979). "" Blow-in" fracture of the orbit." Annals of plastic surgery, 3(6), 572-575.

Lin, K. Y., Ngai, P., Echevoyen, J. C., Tao, J. P. (2012). "Imaging in orbital trauma." Saudi Journal of Ophthalmology, 26(4), 427-432.

Lyon, D. B., Newman, S. A. (1989). "Evidence of Direct Damage to Extraocular Muscles as a Cause of Diplopia following Orbital Trauma." Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery, 5(2), 81-91.

Mackenzie, D. J., Arora, B., Hansen, J. (1999). "Orbital floor repair with titanium mesh screen." The Journal of cranio-maxillofacial trauma, 5(3), 9-16; discussion 17-18.

Mackenzie, W. (1844). "Traitement pratique des maladies des yeux." Langier et Richelot, Paris, 7

Madhusudan, G., Sharma, R. K., Khandelwal, N., Tewari, M. K. (2006). "Nomenclature of frontobasal trauma: a new clinicoradiographic classification." Plastic and reconstructive surgery, 117(7), 2382-2388.

Manson, P. N., Clifford, C. M., Su, C. T., Iliff, N. T., Morgan, R. (1986a). "Mechanisms of global support and posttraumatic enophthalmos: I. The anatomy of the ligament sling and its relation to intramuscular cone orbital fat." Plastic and reconstructive surgery, 77(2), 193-202.

Manson, P. N., Grivas, A., Rosenbaum, A., Vannier, M., Zinreich, J., Iliff, N. (1986b). "Studies on enophthalmos: II. The measurement of orbital injuries and their treatment by quantitative computed tomography." Plastic and reconstructive surgery, 77(2), 203-214.

Manson, P. N., Ruas, E., Iliff, N., Yaremchuk, M. (1987). "Single eyelid incision for exposure of the zygomatic bone and orbital reconstruction." Plastic and reconstructive surgery, 79(1), 118-126.

Marx, R. E., Carlson, E. R. (1991). "Creutzfeldt-Jakob disease from allogeneic dura: a review of risks and safety." Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 49(3), 272-274; discussion 274-275.

Mathog, R. H. (1991). "Management of orbital blow-out fractures." Otolaryngologic clinics of North America, 24(1), 79-91.

Matic, D. B., Tse, R., Banerjee, A., Moore, C. C. (2007). "Rounding of the inferior rectus muscle as a predictor of enophthalmos in orbital floor fractures." The Journal of craniofacial surgery, 18(1), 127-132.

Matsunaga, K., Asamura, S., Morotomi, T., Wada, M., Wada, Y., Nakamura, N., Isogai, N. (2011). "Association between preoperative inferior rectus muscle swelling and outcomes in orbital blowout fracture." J Craniomaxillofac Surg, 39(7), 509-514.

Maurer, P. K., McDonald, J. V. (1985). "Vicryl (polyglactin 910) mesh as a dural substitute." Journal of neurosurgery, 63(3), 448-452.

Metzger, M. C., Schon, R., Schulze, D., Carvalho, C., Gutwald, R., Schmelzeisen, R. (2006). "Individual preformed titanium meshes for orbital fractures." Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics, 102(4), 442-447.

Mirsky, R. G., Saunders, R. A. (1979). "A case of isolated medial wall fracture with medial rectus entrapment following seemingly trivial trauma." Journal of pediatric ophthalmology and strabismus, 16(5), 287-290.

Neinstein, R. M., Phillips, J. H., Forrest, C. R. (2012). "Pediatric orbital floor trapdoor fractures: outcomes and CT-based morphologic assessment of the inferior rectus muscle." Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, 65(7), 869-874.

Nicholson, D., Guzak Jr, S. (1971). "Loss of vision after repair of orbital floor fractures." Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol, 751402.

Nolasco, F. P., Mathog, R. H. (1995). "Medial orbital wall fractures: classification and clinical profile." Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 112(4), 549-556.

Oei, T. (1978) Surgical approach to the orbital connective tissue in cases of traumatic diplopia. Springer, pp 448-450

Parbhu, K. C., Galler, K. E., Li, C., Mawn, L. A. (2008). "Underestimation of soft tissue entrapment by computed tomography in orbital floor fractures in the pediatric population." Ophthalmology, 115(9), 1620-1625.

Patel, P. C., Sobota, B. T., Patel, N. M., Greene, J. S., Millman, B. (1998). "Comparison of transconjunctival versus subciliary approaches for orbital fractures: a review of 60 cases." The Journal of cranio-maxillofacial trauma, 4(1), 17-21.

Perry, J. D., Kadakia, A., Foster, J. A. (2003). "Transcaruncular orbital decompression for dysthyroid optic neuropathy." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 19(5), 353-358.

Persons, B. L., Wong, G. B. (2002). "Transantral endoscopic orbital floor repair using resorbable plate." Journal of Craniofacial Surgery, 13(3), 483-488.

Pfeiffer, R. L. (1943). "Traumatic Enophthalmos." Transactions of the American Ophthalmological Society, 41293-306.

Phalen, J. J., Baumel, J. J., Kaplan, P. A. (1990). "Orbital floor fractures: a reassessment of pathogenesis." The Nebraska medical journal, 75(5), 100-103.

- Phan, L. T., Piluek, W. J., McCulley, T. J. (2012). "Orbital trapdoor fractures." Saudi Journal of Ophthalmology, 26(3), 277-282.
- Piagkou, M., Skotsimara, G., Dalaka, A., Kanioura, E., Korentzelou, V., Skotsimara, A., Piagkos, G., Johnson, E. O. (2014). "Bony landmarks of the medial orbital wall: an anatomical study of ethmoidal foramina." Clinical Anatomy, 27(4), 570-577.
- Ploder, O., Klug, C., Voracek, M., Backfrieder, W., Tschabitscher, M., Czerny, C., Baumann, A. (2001). "A computer-based method for calculation of orbital floor fractures from coronal computed tomography scans." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 59(12), 1437-1442.
- Ploder, O., Klug, C., Backfrieder, W., Voracek, M., Czerny, C., Tschabitscher, M. (2002a). "2D- and 3D-based measurements of orbital floor fractures from CT scans." Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 30(3), 153-159.
- Ploder, O., Klug, C., Voracek, M., Burggasser, G., Czerny, C. (2002b). "Evaluation of computer-based area and volume measurement from coronal computed tomography scans in isolated blowout fractures of the orbital floor." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 60(11), 1267-1272.
- Ploder, O., Oeckher, M., Klug, C., Voracek, M., Burggasser, G., Czerny, C. (2005). "Isolierte Orbitabodenfrakturen." Mund-, Kiefer-und Gesichtschirurgie, 9(2), 95-100.
- Pohlenz, P., Adler, W., Li, L., Schmelzle, R., Klatt, J. (2013). "Medial orbital wall reconstruction with flexible Ethisorb® patches." Clinical oral investigations, 17(2), 511-516.
- Potter, J. K., Ellis, E. (2004). "Biomaterials for reconstruction of the internal orbit." Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 62(10), 1280-1297.
- Potter, J. K., Malmquist, M., Ellis, E., 3rd (2012). "Biomaterials for reconstruction of the internal orbit." Oral and maxillofacial surgery clinics of North America, 24(4), 609-627.

Powell, J., Moe, J., Steed, M. B. (2012). "Surgical Ophthalmologic Examination." Oral and maxillofacial surgery clinics of North America, 24(4), 557-572.

Putterman, A. M., Stevens, T., Urist, M. J. (1974). "Nonsurgical management of blow-out fractures of the orbital floor." American journal of ophthalmology, 77(2), 232-239.

Raflo, G. T. (1984). "Blow-in and blow-out fractures of the orbit: clinical correlations and proposed mechanisms." Ophthalmic surgery, 15(2), 114-119.

Ramieri, G., Spada, M. C., Bianchi, S. D., Berrone, S. (2000). "Dimensions and volumes of the orbit and orbital fat in posttraumatic enophthalmos." Dentomaxillofacial Radiology, 29(5), 302-311.

Raskin, E. M., Millman, A. L., Lubkin, V., della Rocca, R. C., Lisman, R. D., Maher, E. A. (1998). "Prediction of late enophthalmos by volumetric analysis of orbital fractures." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 14(1), 19-26.

Reeh, M. J., Tsujimura, J. K. (1966). "Early Detection and Treatment of Blowout Fracture of the Orbit." American Journal of Ophthalmology, 62(1), 79-82.

Rhee, J. S., Kilde, J., Yoganadan, N., Pintar, F. (2002). "Orbital blowout fractures: experimental evidence for the pure hydraulic theory." Archives of facial plastic surgery, 4(2), 98-101.

Rhee, S. H., Kim, T. S., Song, J. M., Shin, S. H., Lee, J. Y. (2014). "Effectiveness of Computed Tomography for Blow-out Fracture." Maxillofacial plastic and reconstructive surgery, 36(6), 273-279.

Riaz, N., Chatha, A. A., Warraich, R. A., Hanif, S., Chinar, K. A., Khan, S. R. (2014). "Ophthalmic injuries in orbito-zygomatic fractures." Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan : JCPSP, 24(9), 649-652.

Rohrich, R. J., Janis, J. E., Adams, W. P., Jr. (2003). "Subciliary versus subtarsal

approaches to orbitozygomatic fractures.“ Plastic and reconstructive surgery, 111(5), 1708-1714.

Rootman, J., Stewart, B., Goldberg, R. A. "Orbital surgery: a conceptual approach“, Lippincott Williams & Wilkins 1995

Ross, M., El-Haddad, C., Deschênes, J. (2017). “Ocular injury in orbital fractures at a level I trauma center.“ Canadian journal of ophthalmology, 52(5), 499-502.

Rubin, P. J., Yaremchuk, M. J. (1997). “Complications and Toxicities of Implantable Biomaterials Used in Facial Reconstructive and Aesthetic Surgery: A Comprehensive Review of the Literature.“ Plastic and reconstructive surgery, 100(5), 1336-1353.

Rumelt, M. B., Ernest, J. T. (1972). “Isolated blowout fracture of the medial orbital wall with medial rectus muscle entrapment.“ Am J Ophthalmol, 73(3), 451-453.

Safi, A.-F., Richter, M.-T., Rothamel, D., Nickenig, H.-J., Scheer, M., Zöller, J., Kreppel, M. (2017). “Influence of the volume of soft tissue herniation on clinical symptoms of patients with orbital floor fractures.“ Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 44(12), 1929-1934.

Sallam, M. M., Hashem, H. A., Shokier, H. M. (2010). “Use of demineralized bone sheets in reconstruction of orbital floor trap door fracture.“ J Appl Sci Res, 6(6), 653-658.

Schlickewei, W., Schlickewei, C. (2007). “The Use of Bone Substitutes in the Treatment of Bone Defects – the Clinical View and History.“ Macromolecular Symposia, 253(1), 10-23.

Schon, R., Metzger, M. C., Zizelmann, C., Weyer, N., Schmelzeisen, R. (2006). “Individually preformed titanium mesh implants for a true-to-original repair of orbital fractures.“ International journal of oral and maxillofacial surgery, 35(11), 990-995.

Schouman, T., Courvoisier, D. S., Imholz, B., Van Issum, C., Scolozzi, P. (2012a). “Computational area measurement of orbital floor fractures: Reliability, accuracy and rapidity.“ European Journal of Radiology, 81(9), 2251-2254.

Schouman, T., Courvoisier, D. S., Van Issum, C., Terzic, A., Scolozzi, P. (2012b). "Can systematic computed tomographic scan assessment predict treatment decision in pure orbital floor blowout fractures?" Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 70(7), 1627-1632.

Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. "Prometheus - Lernatlas der Anatomie: Kopf, Hals und Neuroanatomie ; 115 Tabellen", Thieme2009

Seidl, R. O., Todt, I., Ernst, A. (2000). "Reconstruction of traumatic skull base defects with alloplastic, resorbable fleece." Hno, 48(10), 753-757.

Seiler, R. W., Mariani, L. (2000). "Sellar reconstruction with resorbable vicryl patches, gelatin foam, and fibrin glue in transsphenoidal surgery: a 10-year experience with 376 patients." Journal of neurosurgery, 93(5), 762-765.

Shin, J. W., Lim, J. S., Yoo, G., Byeon, J. H. (2013). "An analysis of pure blowout fractures and associated ocular symptoms." The Journal of craniofacial surgery, 24(3), 703-707.

Shorr, N., Baylis, H. I., Goldberg, R. A., Perry, J. D. (2000). "Transcaruncular approach to the medial orbit and orbital apex." Ophthalmology, 107(8), 1459-1463.

Silver, H. S., Fucci, M. J., Flanagan, J. C., Lowry, L. D. (1992). "Severe orbital infection as a complication of orbital fracture." Archives of otolaryngology--head & neck surgery, 118(8), 845-848; discussion 882.

Sires, B. S., Stanley, R. B., Levine, L. M. (1998). "Oculocardiac reflex caused by orbital floor trapdoor fracture: an indication for urgent repair." Archives of ophthalmology, 116(7), 955-956.

Smith, B., Regan, W. F. (1957). "Blow-out fracture of the orbit; mechanism and correction of internal orbital fracture." Am J Ophthalmol, 44(6), 733-739.

Smith, B., Lisman, R. D., Simonton, J., Della Rocca, R. (1984). "Volkman's contracture of

the extraocular muscles following blowout fracture." Plastic and reconstructive surgery, 74(2), 200-216.

Strong, E. B. (2004). "Endoscopic repair of orbital blow-out fractures." Facial plastic surgery, 20(03), 223-230.

Strong, E. B., Fuller, S. C., Wiley, D. F., Zumbansen, J., Wilson, M. D., Metzger, M. C. (2013). "Preformed vs Intraoperative Bending of Titanium Mesh for Orbital Reconstruction." Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 149(1), 60-66.

Subramanian, B., Krishnamurthy, S., Suresh Kumar, P., Saravanan, B., Padhmanabhan, M. (2009). "Comparison of various approaches for exposure of infraorbital rim fractures of zygoma." Journal of Maxillofacial & Oral Surgery, 8(2), 99-102.

Sugg, K. B., Rosenthal, A. H., Ozaki, W., Buchman, S. R. (2013). "Quantitative Comparison of Volume Maintenance between Inlay and Onlay Bone Grafts in the Craniofacial Skeleton." Plastic and reconstructive surgery, 131(5), 1014-1021.

Tajima, S., Fujino, T., Oshiro, T. (1974). "Mechanism of orbital blowout fracture. I. Stress coat test." The Keio journal of medicine, 23(2), 71-75.

Tang, D. T., Lalonde, J. F., Lalonde, D. H. (2011). "Delayed immediate surgery for orbital floor fractures: Less can be more." The Canadian Journal of Plastic Surgery, 19(4), 125-128.

Tengtrisorn, S., McNab, A. A., Elder, J. E. (1998). "Persistent infra-orbital nerve hyperaesthesia after blunt orbital trauma." Australian and New Zealand journal of ophthalmology, 26(3), 259-260.

Tessier, P. (1972a). "The classic reprint. Experimental study of fractures of the upper jaw. I and II. Rene Le Fort, M.D." Plastic and reconstructive surgery, 50(5), 497-506 contd.

Tessier, P. (1972b). "The classic reprint: experimental study of fractures of the upper jaw. 3. Rene Le Fort, M.D., Lille, France." Plastic and reconstructive surgery, 50(6), 600-607.

Tessier, P. (1973). "The conjunctival approach to the orbital floor and maxilla in congenital malformation and trauma." Journal of maxillofacial surgery, 1(1), 3-8.

Thering, H. R., Bogart, J. N. (1979). "Blowout fracture of the medial orbital wall, with entrapment of the medial rectus muscle." Plastic and reconstructive surgery, 63(6), 848-852.

Turvey, T. A., Golden, B. A. (2012). "Orbital anatomy for the surgeon." Oral and maxillofacial surgery clinics of North America, 24(4), 525-536.

Wachler, B. S., Holds, J. B. (1998). "The missing muscle syndrome in blowout fractures: an indication for urgent surgery." Ophthalmic plastic and reconstructive surgery, 14(1), 17-18.

Waterhouse, N., Lyne, J., Urdang, M., Garey, L. (1999). "An investigation into the mechanism of orbital blowout fractures." British journal of plastic surgery, 52(8), 607-612.

Welkoborsky, H.-J., Wiechens, B., Hinni, M. L. "Orbita", Georg Thieme Verlag 2016

Woernley, T. C., Wright, T. L., Lam, D. N., Jundt, J. S. (2017). "Oculocardiac Reflex in an Orbital Fracture Without Entrapment." Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 75(8), 1716-1721.

Wolfe, S. A. (1988). "Treatment of post-traumatic orbital deformities." Clinics in plastic surgery, 15(2), 225-238.

Wray, R. C., Holtmann, B., Ribaud, J. M., Keiter, J., Weeks, P. M. (1977). "A comparison of conjunctival and subciliary incisions for orbital fractures." British journal of plastic surgery, 30(2), 142-145.

Zammit-Maempel, I., Chadwick, C. L., Willis, S. P. (2003). "Radiation dose to the lens of eye and thyroid gland in paranasal sinus multislice CT." The British journal of radiology, 76(906), 418-420.

Zhang, Z., Zhang, Y., He, Y., An, J., Zwahlen, R. A. (2012). "Correlation Between Volume of

Herniated Orbital Contents and the Amount of Enophthalmos in Orbital Floor and Wall Fractures.“ Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 70(1), 68-73.

Zimmer-Galler, I. E., Bartley, G. B. (1994). “Orbital Emphysema: Case Reports and Review of the Literature.“ Mayo Clinic Proceedings, 69(2), 115-121.

Zingg, M., Laedrach, K., Chen, J., Chowdhury, K., Vuillemin, T., Sutter, F., Raveh, J. (1992). “Classification and treatment of zygomatic fractures: A review of 1,025 cases.“ Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 50(8), 778-790.

9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1: Knöcherne Orbita [Schünke 2009]	7
Abb. 3.2: mediale Wand der Orbita [Schünke 2009]	8
Abb. 3.3: Form der Orbita und Posterior medial bulge [AOFoundation 2017b]	9
Abb. 3.4: Augenmuskeln in der Orbita [Schünke 2009]	11
Abb. 3.5: Frakturmechanismus der “blow-out”-Fraktur; 1: “buckling-Theorie”; 2: “hydraulic-Theorie”; Quelle: [Waterhouse 1999]	13
Abb. 3.6 Bildliche Darstellung der Kategorisierung nach Jaquier (ohne Kategorie 5) [Dubois 2015a].....	17
Abb. 3.7 Zugangsvariationen: 3.7.1; 1. Subtarsal, 2. Infraorbital, 3. Transkonjunktival, 4. Transcarunculär, 5. Transconjunctival mit lateraler Kanthotomie, 3.7.2; 1. Subziliär (Rot durchgezogen), 2. Subziliär stepped (Rot gepunktet), 3. Transconjunctival (Blau), 4. Subtarsal (Grün), 5. Infraorbital (Orange) [Kothari 2012]	26
Abb. 3.8: Transkarunkulärer Zugang [Edgin 2007].....	27
Abb. 4.9: Hertel Exophthalmometer [AOFoundation 2017a].....	38
Abb. 4.10 Längenmessung [Quelle: CT-Schnittbild aus dem Archiv des Klinikums Rechts der Isar].....	40
Abb. 4.11: Begrenzung des Orbitabodens [Ploder 2001].....	41
Abb. 4.12: Kategorisierung der MRI-Position nach Schouman [Schouman 2012b]	42
Abb. 4.13: Inkarcerationen im CT [Quelle: CT-Schnittbild aus dem Archiv des Klinikums Rechts der Isar].....	43
Abb. 4.14: Intraorbitale Emphyseme [Quelle: CT-Schnittbild aus dem Archiv des Klinikums Rechts der Isar]	43
Abb. 5.15: Geschlechterverteilung	45

Abb. 5.16: Frakturtypen.....	46
Abb. 5.17: Abhängigkeit des Geschlechts und der Unfallursache	47
Abb. 5.18: Frakturseite	47
Abb. 5.19: Häufigkeit der Symptome	48
Abb. 5.20 Häufigkeitsverteilung der Gruppen.....	49
Abb. 5.21 Box-plot für Frakturgrößen im Zusammenhang mit und ohne Doppelbildsymptomatik.....	54
Abb. 5.22 ROC für Frakturgrößen.....	54

9.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kategorisierung nach Jaquierey [Jaquierey 2007]	16
Tab. 2: Anforderung an Rekonstruktionsmaterialien [Potter 2004, Potter 2012]	28
Tab. 3: Einteilung der Rekonstruktionsmaterialien [Avashia 2012, Courtney 2000, Potter 2012].....	29
Tab. 4: Kategorisierung von Orbitafrakturen	35
Tab. 5: Unfallursachen	46
Tab. 6: Begleitverletzungen	49
Tab. 7: Korrelation zwischen Doppelbilder und der Gruppeneinteilung.....	50
Tab. 8 Abhängigkeit Motilität von Gruppen	51
Tab. 9 Abhängigkeit Monokelhämatom von Gruppen.....	51
Tab. 10 Abhängigkeit Enophthalmus von Gruppen	52
Tab. 11 Frakturgrößen am CT	53
Tab. 12: Frakturgröße in Zusammenhang mit Netzhautödem (in mm ²)	55
Tab. 13 Inkarzeration und Doppelbilder	56
Tab. 14 Inkarzeration und Motilitätsstörungen	57
Tab. 15 Doppelbildsymptomatik und MRI-Position	58

9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tab. 16 Motilitätsstörung und MRI-Position.....	58
Tab. 17 Enophthalmus und MRI-Position.....	59
Tab. 18 Zusammenhang von Motilitätsstörungen mit Emphysem.....	60

10 Anlagen

10.1 Lebenslauf

Persönliche Daten

Vorname	Stephan
Nachname	Wimmer
Geburtsort	Eggenfelden, Bayern
Geboren am	17.08.1994
Nationalität	Deutsch

Ausbildung

04/2013-07/2018	Ludwigs-Maximilians-Universität München: Studium Zahnmedizin III. Staatsexamen: Abschluss und Approbation als Zahnarzt im Juli 2018 II. Staatsexamen: September 2015 I. Naturwissenschaftliche Vorprüfung: September 2014
09/2004 - 06/2012	Karl-von-Closen Gymnasium Eggenfelden
2001-2004	Grundschule Eggenfelden

München, den 23.10.2018

10.2 Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die bei der promotionsführenden Einrichtung bzw. Fakultät

Klinikum der Technischen Universität München, Fakultät für Medizin

der TUM zur Promotionsprüfung vorgelegte Arbeit mit dem Titel:

[Evaluation einer Klassifikation zur Kategorisierung von isolierten Orbitabodenfrakturen mittels Computertomographie](#)

in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

(Lehrstuhl bzw. Fachgebiet oder Klinik) unter der Anleitung und Betreuung durch

Privatdozent Dr. Dr. Jochen Weitz

ohne sonstige Hilfe erstellt und bei der Abfassung nur die gemäß § 6 Abs. 6 und 7 Satz 2 angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe keine Organisation eingeschaltet, die gegen Entgelt Betreuerinnen und Betreuer für die Anfertigung von Dissertationen sucht, oder die mir obliegenden Pflichten hinsichtlich der Prüfungsleistungen für mich ganz oder teilweise erledigt.

Ich habe die Dissertation in dieser oder ähnlicher Form in keinem anderen Prüfungsverfahren als Prüfungsleistung vorgelegt.

Die vollständige Dissertation wurde in

veröffentlicht. Die promotionsführende Einrichtung..... hat der Vorveröffentlichung zugestimmt.

Ich habe den angestrebten Doktorgrad **noch nicht** erworben und bin **nicht** in einem früheren Promotionsverfahren für den angestrebten Doktorgrad endgültig gescheitert.

Ich habe bereits am

bei der Fakultät für

der Hochschule

unter Vorlage einer Dissertation mit dem Thema

..... die
Zulassung zur Promotion beantragt mit dem Ergebnis:

.....

Die öffentlich zugängliche Promotionsordnung der TUM ist mir bekannt, insbesondere habe ich die Bedeutung von § 28 (Nichtigkeit der Promotion) und § 29 (Entzug des Doktorgrades) zur Kenntnis genommen. Ich bin mir der Konsequenzen einer falschen Eidesstattlichen Erklärung bewusst.

Mit der Aufnahme meiner personenbezogenen Daten in die Alumni-Datei bei der TUM bin ich

einverstanden () nicht einverstanden

München, den 23.10.2018

10 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Privatdozent. Dr. med. Dr. med. dent. Jochen Weitz, welcher die Obhut dieser Arbeit übernommen hat, wodurch diese erst ermöglicht wurde. Durch seine Hilfe und Korrektur war er mir eine ungemein große Hilfe.

Gleiches gilt zweifelsohne auch für Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Steffen Koerdt, der mir als direkter Betreuer dabei half die vielen Fragestellungen und Probleme bei der Erstellung dieser Arbeit zu bewältigen, sowie den Start in die wissenschaftliche Forschung zu erleichtern.

Ebenfalls herzlichen Dank an Frau Dr. med. Dr. med. dent. Gesche Frohwitter, welche mir durchgehend mit Ratschlägen und Unterstützung zur Seite stand.

Besonderer Dank gilt an dieser Stelle auch dem Direktor der Klinik, Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Klaus-Dietrich Wolff, an dessen Institut die hier präsentierte Forschung durchgeführt wurde.

In ganz besonderem Maße gilt mein Dank meiner Mutter Elfriede Wimmer und meinem Vater Dr. med. dent. Konrad Wimmer, welche mich kontinuierlich während der Erstellung dieser Arbeit, wie auch auf meinem Lebensweg unterstützten.

Ebenso möchte Ich meiner Freundin Lena Sturm danken, ohne deren Hilfe und Motivation diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zu guter Letzt bedanke Ich mich an dieser Stelle bei Frau Julia Hartz und Herrn Dr. med. dent. Martin Lotz, die sich meiner Fragen unermüdlich stellten und mir in allen Dingen weitergeholfen haben.