

Aus der Klinik für Allgemeine, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. W. Böcker

**Die FFP-Klassifikation (fragility fractures of the pelvic ring) geriatrischer
Beckenringverletzungen: eine retrospektive Analyse der Intra- und
Interobserverreliabilität und Optimierungsvorschläge für die
klinische Anwendung**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Anke Luger, geb. Merkel

aus Essen

2021

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. Carl Neuerburg

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Andreas Fottner

Mitbetreuung durch den

Promovierten Mitarbeiter: Prof. Dr. med. Christian Kammerlander

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 14.01.2021



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Promotionsbüro
Medizinische Fakultät



Eidesstattliche Versicherung

Luger Anke

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

Die FFP-Klassifikation (fragility fractures of the pelvic ring) geriatrischer
Beckenringverletzungen: eine retrospektive Analyse der Intra- und
Interobserverreliabilität und Optimierungsvorschläge für die klinische Anwendung

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle
Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich
gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher
Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Polling in Tirol, 27.01.2021

Ort, Datum

ANKE LUGER

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand

meiner Familie

BEMERKUNG

An dieser Stelle verweise ich auf die, während des Promotionsverfahrens, Veröffentlichungen bzw. Einreichung zweier Publikationen mit Daten und Resultaten aus dieser Dissertationsarbeit. Ich bin bzw. werde bei beiden Publikationen als Co-Autorin angeführt;

Inter- and intraobserver reliability and critical analysis of the FFP classification of osteoporotic pelvic ring injuries. - Krappinger D, Kaser V, Kammerlander C, Neuerburg C, Merkel A, Lindtner RA. - Injury. 2019 Feb

An alphanumeric classification of osteoporotic pelvic ring injuries. - Krappinger D, Kaser V, Merkel A, Neururer S, Lindtner RA. - Arch Orthop Trauma Surg. 2020 Jul

Die dieser Dissertationsarbeit zu Grunde liegende Studie, inklusive Ideen und Ergebnissen stammen aus unserer Arbeitsgruppe Innsbruck und München, welche im Rahmen dieser Arbeit gegründet worden ist.

Meinerseits wurde die Dissertation bereits im April 2020 beim Promotionsbüro der medizinischen Fakultät der LMU München eingereicht, einer Plagiatsprüfung unterzogen und ebenso erfolgreich begutachtet.

Polling in Tirol, 27.01.2021

Anke Luger, geb. Merkel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Einführung	7
	Anatomie des Beckens.....	111.2
	Biomechanik des intakten Beckens.....	171.3
	Mechanismus und Biomechanik der häufigsten Beckentraumata	201.4
	Klassifikation des Beckentraumas	231.5
1.5.1	Voraussetzungen und Merkmale von Klassifikationsschemata	26
1.5.2	Die klinisch geläufigsten Klassifikationen	28
1.5.3	Klassifikation des geriatrischen Beckentraumas	34
	Epidemiologie.....	421.6
1.6.1	Unfallursachen	43
1.6.2	Alters- und Geschlechtsverteilung.....	43
1.6.3	Das Beckentrauma beim alten Menschen.....	45
1.6.4	Klassifikationen und Beachtung der Frakturmorphologie	46
	Diagnostik des Beckentraumas	481.7
1.7.1	Anamnese und klinische Untersuchung geriatrischer Patienten.....	48
1.7.2	Laboruntersuchung	50
1.7.3	Urologische Untersuchung	51
1.7.4	Radiologische Diagnostik	51
	Therapiemanagement des Beckentraumas der Kohorte > 75 J.	551.8
	Operative Versorgung	611.9
1.9.1	Perkutane und transiliakale Verschraubung.....	62
1.9.2	Transiliakale Plattenosteosynthese	64
1.9.3	Sakralstäbe	64

1.9.4	Lumbopelvine Stabilisierung.....	66
	Komplikation und Prognose des Beckentraumas	681.10
2	Material und Methode.....	72
2.1	Studienziel	72
	Studienpopulation	732.2
	Studiendesign	732.3
	Individueller Studienablauf (Studie 1 und 2)	742.4
	Statistik (Studie 1 und 2).....	762.5
	Ergebnisse (Studie 1)	782.6
	Ergebnisse (Studie 2)	852.7
3	Diskussion.....	92
3.1	Einleitung.....	92
	Fünf Merkmale von Klassifikationsschemata.....	963.2
3.3	Fazit.....	105
	Limitationen	1073.4
4	Zusammenfassung	109
5	Literaturverzeichnis	115
6	Abbildungsverzeichnis.....	122
7	Tabellenverzeichnis.....	124
8	Anhang	126
	Abkürzungsverzeichnis	126
	Veröffentlichungen	128

1 Einleitung

1.1 Einführung

In Deutschland leben laut statistischem Bundesamt aktuell ca. 82 Mio. Menschen. Bis zum Jahr 2060 wird sich diese Zahl voraussichtlich auf ca. 70 Mio. reduzieren, doch wird hiervon jeder Dritte 65 Jahre und älter sein [1].

Das Beckentrauma fand, noch gegen Ende des 19. Jhd. ausschließlich unter dem Gesichtspunkt (iatrogener) Schäden beim Geburtsvorgang Beachtung. Jedoch stieg mit dem Beginn des Mobilitätszeitalters die Inzidenz von Beckenverletzungen auf Grund des Anstiegs der mit der Mobilität einhergehenden höheren Geschwindigkeiten und damit verbunden höher wirksamen kinetischen Energien auf den Körper. In den letzten Jahrzehnten rückt nun, bedingt durch den demographischen Wandel, das Auftreten von Osteoporose- bzw. Osteomalazie-assoziierten Insuffizienz- oder Fragilitätsfrakturen des Beckenringes in den Vordergrund. So führen unter anderem Immobilität, Osteoporose und Vit-D Mangel in Verbindung mit hohem Alter zu einer stark verminderten Knochenqualität. Dies kann bereits durch ein inadäquates Trauma Frakturen zur Folge haben [2-5].

Trotz des ansteigenden Anspruchs älterer Patienten am Erhalt von Mobilität und Selbstständigkeit im Alltag, und der hohen Morbidität und Mortalität [6-8], haben

Frakturen des Beckenringes in den letzten Jahren deutlich weniger Aufmerksamkeit in der Literatur erfahren als „klassische“ osteoporotische Frakturen wie bspw. die proximalen Femur- Humerus- oder Wirbelkörperkompressionsfrakturen [3, 9, 10]. Jedoch haben bereits Burge et al. aufgezeigt, dass geriatrische Beckenringfrakturen 7% aller Osteoporose assoziierten Frakturen ausmachen [11].

Optimale, standardisierte Behandlungsstrategien für Fragilitätsfrakturen des Beckenrings bleiben jedoch in erheblichem Ausmaß unbeschrieben. Dies trifft insbesondere auf die Indikationsstellung bezüglich konservativer vs. operativer Behandlung zu. Auf Grund des Fehlens großer prospektiv-randomisierter Studien beruhen Behandlungsempfehlungen derzeit entweder auf Expertenmeinungen, mit dem damit einhergehenden niedrigeren Evidenzgrad der Stufe IV-V nach der Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ), oder auf retrospektiven Studien mit kleinen Fallgruppen [12-15].

Die Klassifikationen von Frakturen unter Hinzuziehung valider, objektiver und reliabler Klassifikationsschemata ist entscheidend für die adäquate klinische und wissenschaftliche Beurteilung von Frakturen, sowie zur Reproduzierbarkeit von Befundungen. Sie stellt somit die Grundlage zur Findung eines optimalen Behandlungsplanes dar.

Die derzeit geläufigen Klassifikationen für Beckenringverletzungen dienen vor allem der Beurteilung von Beckenringverletzungen bei jungen Patienten nach Hochrasanztrauma. Sie sind daher in der Anwendung beim geriatrischen Patienten mit Fragilitätsfrakturen nicht geeignet [10, 12].

Die von Rommens entwickelte „Classification of fragility fractures of the pelvic ring“ ist speziell auf die Anwendung bei Fragilitätsfrakturen des Beckens ausgelegt [12].

Zur Beurteilung dieser Klassifikation wurde diese von Experten seitens der Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München sowie des Universitätsklinikum Innsbruck erprobt und schließlich von Krappinger et al in der Publikation „Inter- and intraobserver reliability and critical analysis of the FFP classification of osteoporotic pelvic ring injuries“ die inter- und intraobserver Reliabilität untersucht [97].

In weiterer Folge wurde von der Arbeitsgruppe um Krappinger et al. eine neuartige Klassifikation erarbeitet, die „alpha numeric classification“ (ANC). Ziel dieser Klassifikation ist ein alternatives Klassifikationssystem für osteoporotische Beckenringfrakturen vorzuschlagen. Dieses soll im klinischen Alltag und unter Beachtung grundlegender Kriterien (Vollständigkeit, Einfachheit, Zuverlässigkeit), zur schnellen Erstellung eines adäquaten Therapieregimes helfen.

Aufgedeckte mögliche Schwachstellen der eben erwähnten FFP-Klassifikation werden in dieser Arbeit in Relation mit der neu erarbeiteten „alpha numeric classification“ (ANC) gesetzt und verglichen.

Die Ergebnisse der von der Arbeitsgruppe um Krappinger et al. durchgeführten Studien zur Erstellung der ANC, sowie die Beschreibung des eingeschlossenen Patientenkollektives sollen ebenfalls in folgender Arbeit detailliert präsentiert werden.

1.2 Anatomie des Beckens

Gebildet wird der Beckengürtel aus den beiden Ossa coxae (Hüftbeine) und dem Os sacrum. Die Ossa coxae sind ventral über die Schambeinfuge (Symphysis pubica) und dorsal über die Articulationes sacro-iliaca (Iliosacralgelenke) straff mit dem Os sacrum verbunden. Auf die Wirbelsäule wirkende Kräfte werden sowohl dynamisch als auch statisch über den Beckenring, die Hüftgelenke und die Iliosacralgelenke auf die unteren Extremitäten übertragen. Dabei werden die entstehenden Scher- bzw. Verschiebekräfte über die vorhandenen Bandstrukturen und die Symphyse gedämpft.

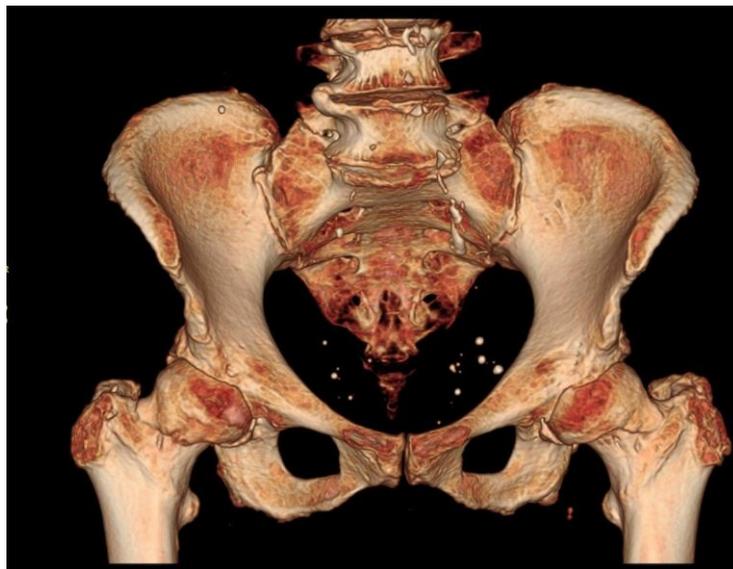


Abbildung 1: 55-jährige Patientin, intakter Beckenring

Knöcherner Beckenring

Das Os coxae (Hüftbein) besteht aus drei Knochenanteilen, die bis zum Abschluss der Pubertät knorpelig miteinander verbunden sind; dem Os Ilium (Darmbein), dem Os ischii (Sitzbein) und dem Os pubis (Schambein).

Mollier hat das Os coxae bereits als eine in sich verdrehte 8 beschrieben [17, 18]. Der Bereich der Kreuzung, in welcher das Hüftbein in sich verdreht ist, entspricht dem Acetabulum. Hier treffen die drei Anteile (Ossa illi, ischii, pubis) aufeinander und bilden gemeinsam den Boden der Hüftpfanne. Im Bereich des Hüftbeines, insbesondere im Bereich des Acetabulums, findet sich eine inhomogene Verteilung von Knochenmaterial. Dies ist determinierend für Frakturverläufe sowie in weiterer Folge bestimmend für die chirurgische bzw. osteosynthetische Versorgung. Die genaue Kenntnis dieser anatomischen Verhältnisse stellt die Grundlage einer adäquaten nativ-radiologischen Erstbeurteilung von Frakturen dar.

Das Os sacrum (Kreuzbein) besteht aus 5 miteinander verschmolzenen Sakralwirbeln und den dazu gehörigen Rippenanlagen. Die Form des Kreuzbeins ist keilförmig mit der nach kranial gerichteten Basis ossis sacri, welche die Lastübertragung zum Rumpf übernimmt und dem nach kaudal gerichteten Apex ossis sacri. Die verschmolzenen Wirbelbögen bilden und umschließen den Sakralkanal, aus welchem sich auf Höhe

jedes Segmentes ein Seitenkanal nach lateral öffnet und zu den vorderen und hinteren Foramina sacralia führt. Hier befindet sich dann der jeweilige Durchtritt der Spinalnerven und der dazu gehörigen Gefäßen.

Gelenke und Bandverbindungen des Beckenringes

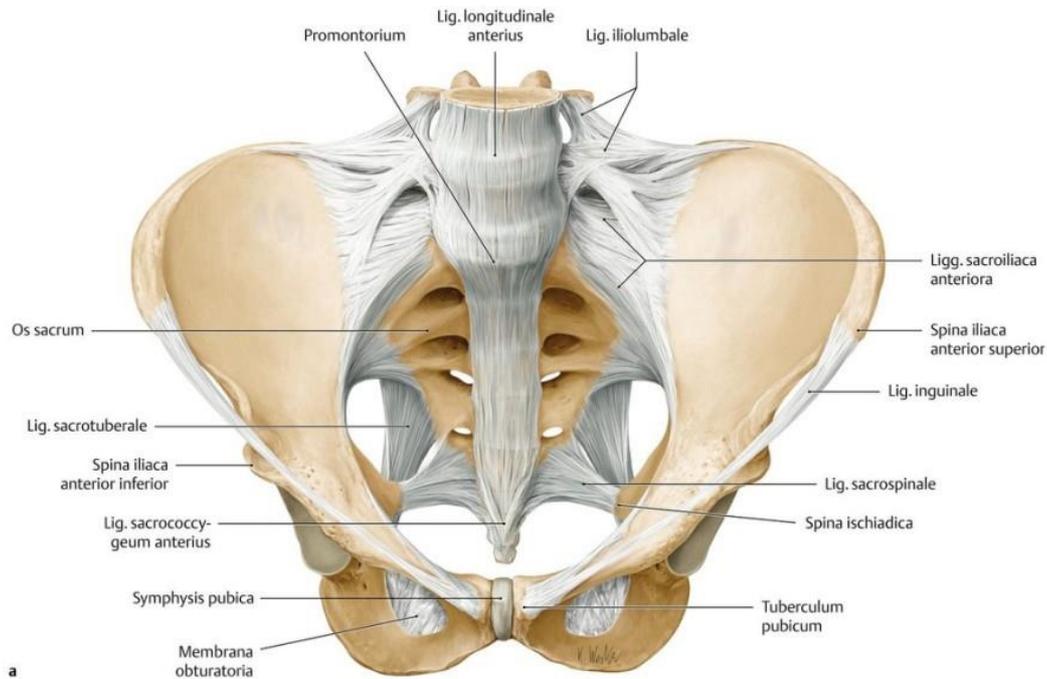


Abbildung 2 Beckenring mit Bandstrukturen von ventral (aus <https://eref.thieme.de>)

Über eine Amphiarthrose, die *Articulatio sacroiliaca* (Kreuzbein-Darmbein-Gelenk), sind im Bereich des hinteren Beckenringes beide *Ossa coxae* gelenkig mit dem Kreuzbein verbunden. Dieses Gelenk ist ein straffes Gelenk mit eingeschränkter Bewegungsmöglichkeit. Es ist jedoch bis in das höhere Alter wichtig für die Federung bei der Lastübertragung. Diese hier entstehende Dämpfung von Gleit- und

Kraftübertragung wird durch den vorhandenen hyalinen Knorpel, Faserknorpel wie auch durch ein kräftiges Bandsystem geboten.

Ventral befinden sich die Ligg. sacroiliaca anteriora, welche den vorderen Gelenkspalt überziehen und stabilisieren. Dorsal sowie interossär ziehen die Ligg. sacroiliaca posteriora und interossea quer vom Os ilium auf die dorsolaterale Kreuzbeinfläche herab und verhindern das Abgleiten des Os sacrum. Da die dorsalen Bandanteile am Kreuzbein nicht bis in den Bereich der Neuroforamina reichen und somit transforaminelle Sacrumfrakturen nicht ligamentär überbrückt werden, müssen diese dann etwaig als potentiell instabil eingestuft werden [19].

Im lateralen Bereich ziehen die Ligg iliolumbale vom Proc. costalis (Querfortsatz) des 5. Lendenwirbels zur Crista iliaca. Diese Bänder verhindern ein Auseinandergleiten der Beckenschaufeln bei jeglicher Belastung und gelten im klinischen Bereich als Indikator für Verletzungen des hinteren Beckenringes [19].

Die Ligg. sacrotuberale (dorsalseitig des Kreuzbeines – Tuber ischiadicum) und die Ligg. sacrospinale (ventralseitig des Kreuzbeines – Spina ischiadica) verhindern dorsale Kippbewegungen um eine transversale Achse des Beckens.

Im Bereich des ventralen Beckenringes befindet sich die Symphysis pubica (Schambeinfuge), welche durch einen faserknorpeligen Discus interpubicus eine

Synarthrose bildet. Im Alter kommt es hier zu Verkalkungen und Verknöcherungen des Knorpels. Bedingt durch die ständig auftretenden Scherkräfte im Bereich der Symphyse, kann es auch zu Spaltbildungen im Diskus kommen. Dies hat zur Folge, dass der Abstand der Symphyse zwischen den Rami superiores im Laufe des Alters abnimmt. Dies hat besondere Bewandtnis in der Identifikation von Unterschieden im Frakturgeschehen zwischen Jung und Alt.

1.3 Biomechanik des intakten Beckens

Lastübertragung am vorderen und hinteren Beckenring

Im Bereich des Beckenringes findet die stetige und dynamische Kraft- und Lastübertragung vom Hüftgelenk auf den Beckenring vor allem über den hinteren Pfeiler auf das SI-Gelenk und anschließend auf das Os sacrum statt. Entgegengesetzt wird die Last des Rumpfes über die SI-Gelenke auf die Hüftgelenke fortgeleitet. Damit entstehen Zugkräfte, welche im vorderen Beckenring aufgefangen werden. Das Auseinanderweichen des Beckenringes wird durch die Symphyse verhindert. Dies hat auch Pauwels hinreichend erörtert und dabei dem vorderen Beckenring eine Funktion der Verstrebung zugeschrieben [20].

Detaillierter betrachtet, entsteht im zweibeinigen Stand eine senkrecht auf das Sacrum gerichtete Kraft, welche zu einer „Verkantung“ des Sacrums zwischen den Ossa coxae führt. Dadurch entsteht eine, durch die vom SI-Gelenk ausgerichteten und über die Hüftgelenke fortgeleiteten, divergierenden Druckvektoren, nach außen hin geleitete Zugspannung auf den vorderen Beckenring. Dem zu Folge entstehen Druckkräfte im Bereich der SI-Gelenke und eine entgegengesetzte Zugspannung im Bereich der Symphyse. Im einbeinigen Stand resultiert eine inhomogene Kraftverteilung durch die Kraftverlagerung auf das Standbein. Die Folge ist eine Drehbewegung im Becken. So

entsteht ein Drehmoment bei welchem nun Zugkräfte auf das SI-Gelenk und Druckkräfte auf die Symphyse wirken.

Beim sitzenden Menschen wirken konvergierende Kräfte auf die Symphyse ein, beim liegenden Menschen hingegen Zug- wie auch Druckbelastungen. Damit herrscht in Bewegung ein Wechselspiel zwischen Druck- Zug- Biege- und Schubbelastungen im Bereich der Gelenke. Dadurch es lässt sich erklären, warum im Alter, bedingt durch ständig wechselnde Kraftvektoren, Spaltbildungen im Bereich der Symphyse entstehen [19].

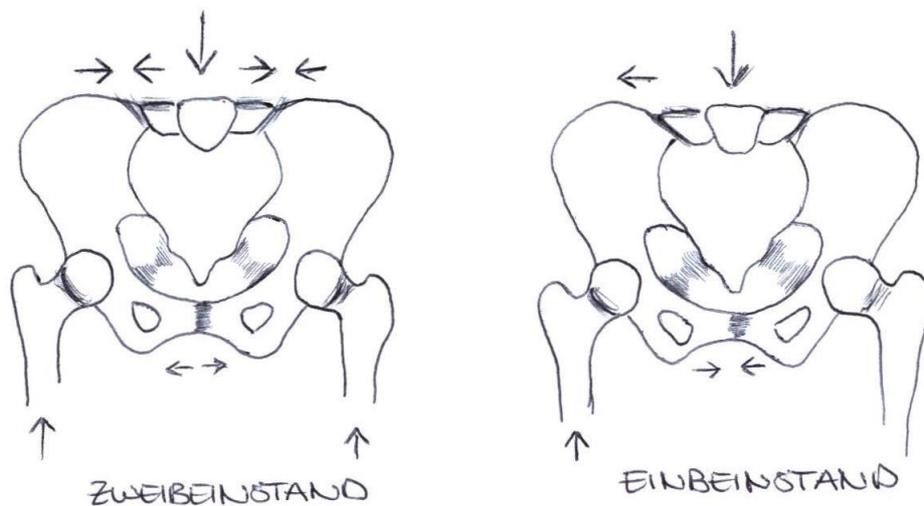


Abbildung 3 Krafteinleitung auf das Becken im Einbein- und Zweibeinstand (angelehnt an Pauwels, 1965 [20])

Im Gesamtgefüge wird der Beckenring oftmals mit der Architektur eines romanischen Bogens verglichen. In der Outlet-Projektion (Strahlengang 40% nach kaudokranial geneigt) zur Darstellung von Sacrum Frakturen und Dislokationen in kraniokaudaler Richtung, nimmt nach Tile das Kreuzbein die Form und Aufgabe eines „Schlusssteines“ an. Dabei entspricht es dem obersten Punkt und verankert sich, wie bereits oben beschrieben, zwischen den beiden Ossa coxae und ist selbsttragend. Schlussfolgernd ist auch keine Bandstruktur notwendig, um Stabilität zu gewährleisten. Es besteht also keine Gefahr der Dislokation bei insuffizienten bzw. rupturierten Bandstrukturen. [19, 21].

In der Inlet-Projektion (40% kraniokaudaler Strahlengang) zur Darstellung von Dislokationen im Bereich des hinteren und vorderen Beckenringes [22], entspricht das Sacrum eher einer Art „Rinnstein“. Damit entsteht, bedingt durch eine nach ventral

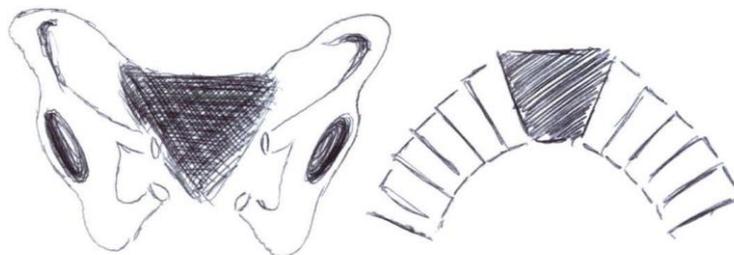


Abbildung 4: Outlet- und Inletprojektion. Os sacrum in der Form eines „Schlusssteines“ sowie eines „Rinnsteines“

gerichtete Verjüngung der Gelenkflächen, die Tendenz des Abweichens des Os sacrum nach ventro-kaudal, sobald es unter Belastung steht. Somit ist hier ein adäquater Bandapparat unabdingbar, um Stabilität zu gewährleisten.

1.4 Mechanismus und Biomechanik der häufigsten Beckentraumata

Der nicht-geriatrische Beckenring ist darauf ausgelegt, physiologische wie auch stärkere Belastungen durch elastische Verformbarkeit abzufangen und dabei unversehrt zu bleiben. Es werden also enorme Krafteinwirkungen benötigt, um die Kompensationsfähigkeit zu überschreiten [23]. Bei älteren Menschen hingegen reichen, bedingt durch die verminderte Knochenqualität und die eingeschränkte Elastizität des Gewebes, bereits Bagateltraumata bis hin zur nicht vorhandenen Traumaanamnese, um die Integrität des Beckengerüsts zu verlieren. Ligamentäre Verletzungen wie auch Verletzungen von Nerven und Gefäßen treten dabei quasi nicht auf [2].

Die Schwere wie auch die Charakteristik der Beckenverletzungen sind dabei jedoch stets abhängig vom genauen Verletzungsmechanismus bzw. von Dauer, Richtung, Stärke und Frequenz der Krafteinwirkung und damit der Richtung des auf das Becken einwirkenden Kraftvektors [24]. Da sich eine genaue Bestimmung der Richtung des Kraftvektors nicht immer explizit festlegen lässt, spielt die Anamnese und die Klinik

eine entscheidende Rolle, um die Fraktur nicht nur richtig zu klassifizieren, sondern auch um eine adäquate Therapie einzuleiten.

Bei der Diagnostik und Klassifikation von Beckenverletzungen kommt der Begutachtung der Stabilität des Beckenringes eine entscheidende Rolle zu. Die Therapiewahl, hängt unabhängig von Alter und Traumamechanismus, im Wesentlichen von diesem Kriterium ab. Unterschieden wird zwischen stabilen (Typ A), partiell stabilen (Typ B) und instabilen Beckenverletzungen (Typ C). Wobei der Übergang zwischen stabil und instabil oftmals eine Schwierigkeit in der Festlegung darstellt. Bereits Tosounidis et al. haben dies erkannt und als A-B-Problematik beschrieben [16]. So konnte gezeigt werden, dass sich initial nativ-radiologisch beschriebene A-Frakturen in weiterführender CT-Diagnostik als B-Fraktur, also mit begleitenden Verletzungen der dorsalen Anteile des Beckenringes, herausgestellt haben [25]. Ebenso haben Stuby et al. eine B-C-Problematik thematisieren können, in welcher sich eine B-Verletzung im Verlauf als C-Verletzung zeigen kann [10].

Sagittale Krafteinwirkung

Wirken im Rahmen von Traumata sagittale Kräfte auf den Beckenring ein, werden diese über den vorderen wie auch über den hinteren Beckenring fortgeleitet. Entstehen Kräfte bedingt durch eine Außenrotation, äußern sich diese in einer Kraftübertragung vertikal durch das SI-Gelenk. Bei jungen Patienten resultieren daraus zumeist,

Verletzungen des osteoligamentären Apparates sowie eine Zerreißung der Symphyse. Bei älteren bzw. geriatrischen Patienten entstehen vordere Beckenringfrakturen [23]. Dabei wertet man bei geriatrischen Patienten eine Verletzung dieser Art vor allem als isolierte Verletzung im Bereich des vorderen Beckenringes. Hierbei konnte in Studien zwar gezeigt werden, dass bei der CT-, MRT, und Szintigraphie-Diagnostik zwar eine Beteiligung des dorsalen Beckenringes von bis zu 95% besteht, jedoch ohne zwingende therapeutische Relevanz [26, 27] da es sich trotzdem um stabile Frakturen, wie zum Beispiel Stauchungsfrakturen, handelt. Erfahrungsgemäß führen diese jedoch zu persistierenden Schmerzen und damit auch zu einem prolongierten Genesungsverlauf.

Das Beckentrauma im Alter

Wie bereits beschrieben, unterscheidet sich die Entität der Osteoporose assoziierten Beckenringfraktur geriatrischer Patienten wesentlich von der Art der Frakturen jüngerer Patienten. Beim geriatrischen Patientenkollektiv, welches in der Regel bedingt durch unterschiedlichste Vorraussetzungen (Vit.-D-Mangel, vorbestehende Cortisontherapien, Erkrankungen aus dem rheumatoiden Formenkreis udgl.) eine schlechtere Knochenqualität aufweist, genügen so bereits banale Traumata bis hin zur fehlenden Traumaanamnese, um Frakturen zu erzeugen [2, 4, 5]. Diese werden dann teils erst durch weiterführende Diagnostik bei persistenter Schmerzanamnese

festgestellt. Hier treten in der Regel zwar keine Begleitverletzungen der intrapelvinen Organe, welche eine therapeutische Maßnahme indizieren würden auf, jedoch wird das Erstellen eines Therapieplanes, bedingt durch die oben bezeichneten Ko-Faktoren, sowie ein verzögerter Heilungs- bzw. Genesungsverlauf, etwaige Multimorbiditäten und psychosoziale Komponenten, komplexer [2]. Ebenso zu bedenken, ist die oftmals rezidivierende Sturzanamnese älterer Patienten. So führen diese, der klinischen Erfahrung nach, immer wieder zu einem Auftreten von Low-Energy Traumata und Frakturen. Robinovitch et al. konnten in einer Beobachtungsstudie 227 Stürze festhalten, welche bedingt durch Stolpern, Koordinationsproblemen, Verlust von Gehhilfen, Kollaps, u.a. aufgetreten sind [28]. Das Patienten, welche im Rahmen eines stationären Aufenthaltes Stürze erleiden, auch poststationär ein höheres Risiko für rezidivierende Stürzen aufweisen, beschrieben Davenport et. al. [29]. Die Gründe dafür sind vielfältig, wie zum Beispiel ein reduziertes Gleichgewichtssystem, eine allgemeine Schwäche, oder eine fehleingestellte Dauermedikation.

1.5 Klassifikation des Beckentraumas

Grund für die Vielzahl an Klassifikationen von Beckenringfrakturen ist die Komplexität, stets alle Aspekte dieser Verletzungen, zu berücksichtigen. Neben der Rommens-Klassifikation, die im Rahmen von geriatrischen Beckenringfrakturen zum Einsatz kommt, sollen in dieser Arbeit, die im klinischen Alltag geläufigsten Klassifikationen

wie die AO-Klassifikation, die Klassifikation nach Pennal, Sutherland und Tile, die Klassifikation nach Young und Burgess und die Klassifikation der Sacrumfrakturen vorgestellt werden um auch das Verständnis für die Problematik in der Anwendung der Klassifikationen unter Berücksichtigung aller miteinfließenden Aspekte zu verdeutlichen.

Die Erstellung einer reliablen und im klinischen Alltag anwendbaren Klassifikation von Beckentraumata setzt mehrere Faktoren voraus.

Zum einen sollten die Schwere einer Verletzung hinsichtlich der erforderlichen Therapiemaßnahmen, wie aber auch ein wissenschaftlich-evidenzbasiertes Outcome und Erfahrungswerte, um bestmögliche Maßnahmen einzuleiten, berücksichtigt werden. Hinzu kommt, dass nicht nur die knöchernen Verletzungen, sondern auch etwaige Begleitverletzungen mitbedacht werden müssen.

Zum Entscheid der individuellen Therapiemaßnahme wird vor allem auch die erhaltene oder eben der Verlust an Stabilität betrachtet. So ist diese ausschlaggebend für die Klassifikation der Verletzungsschwere und der daraus resultierenden Indikation eines jeweiligen Behandlungsverlaufes.

Die Entwicklung und Anzahl vorhandener Klassifikationen an Beckenringverletzungen, seit der ersten offiziellen Klassifikation nach Malgaigne von 1847, ist beachtlich [30] und macht auf die Komplexität dieser Verletzung wie auch auf die Weiterentwicklung

unseres medizinischen Denkens und heutiger diagnostischer Möglichkeiten aufmerksam.

Malgaigne erstellte in seiner grundlegenden Arbeit, ein Klassifikationsschema, in welchem er 5 Arten der Läsion beschreibt und mit diesen auf den Unterschied bzw. auf die Auswirkung von Verletzungen des vorderen und hinteren Beckenringes aufmerksam machte. Es folgten viele weitere Klassifikationssysteme, welche bis heute ihre Anwendung finden. Die geläufigsten Klassifikationen finden auch Eingang in diese Arbeit.

Im Jahr 1955 unterschied Pick [31] zwischen Beckenrand- und Beckenringfrakturen. Er unterteilte Verletzungen des Beckens dabei zum ersten Mal in stabile und instabile Verletzungen. Die Rolle des dabei auf den Beckenring einwirkenden Kraftvektors erkannte und beschrieb Pennal letztlich im Jahre 1980.

1.5.1 Voraussetzungen und Merkmale von Klassifikationsschemata

Nach Krämer und Grifka ist eine Frakturklassifikation nur dann adäquat, wenn sie die Schwere der Knochenverletzung erfasst, sowie der Basis für die Behandlung und der Evaluation der Ergebnisse dient [32]. Um die drei Gütekriterien (Validität, Objektivität und Reliabilität) zu gewährleisten, muss eine Klassifikation vor allem vollständig sein, also alle denkbar möglichen Frakturtypen erfassen. Und sie sollte in der Anwendung einfach sein, um unabhängig von äußeren Faktoren (Erfahrungswerte des Untersuchers, Arbeitsbelastung oder ähnliches) möglichst alle Fehlerquellen zu vermeiden. Die Zuverlässigkeit einer Klassifikation, wird in Studien zumeist durch die Intra- und Interobserver-Reliabilität beurteilt [33-35] (Also der Zuverlässigkeit einer Auswertung der gleichen Daten eines Untersuchers oder der Zuverlässigkeit einer Auswertung gleicher Daten unterschiedlicher Untersucher).

Eine unbestimmte und grundsätzlich unendliche Anzahl unterschiedlicher Fraktur-Entitäten wird während des Klassifikationsvorganges in eine kleinere Anzahl an Frakturtypen zusammengeschlossen (Clustering). In der Mehrheit der Fälle lassen sich die Frakturen eindeutig einer Gruppe bzw. einem Frakturtyp zuordnen. Jedoch ist dies nicht immer der Fall. Nicht selten fallen manche Frakturen in eine Art Graubereich. In diesem Fall findet eine individuelle und subjektive Interpretation statt, wodurch bei der Klassifikation von Frakturen Unstimmigkeiten unter den jeweiligen Untersuchern

(Observern) oder auch beim selben Untersucher zu unterschiedlichen Klassifikationszeitpunkten entstehen. Dies hat eine niedrigere Intra-Interobserver-Reliabilität zur Folge.

1.52 Die klinisch geläufigsten Klassifikationen

AO-Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese

Im Rahmen der AO-Klassifikation wird vor allem auf die anatomischen Aspekte sowie die Beurteilung von Instabilitätsgraden eingegangen. Wie auch bei der Klassifikation von Frakturen langer Röhrenknochen findet hier die Einteilung nach A- B- und C-Verletzungen mit den jeweiligen Gruppen und Subgruppen statt. Diese Einteilung bezieht sich jedoch nicht auf den Verlauf der Fraktur, sondern vielmehr auf die Instabilität der Fraktur. Die Klassifikation bezüglich des vorderen und hinteren Beckenringes wird dabei durch „Qualifikatoren“ gekennzeichnet.

Typ-A-Verletzungen definieren stabile Beckenverletzungen, bei welchen die Anatomie des osteoligamentären Verbundes, wie auch der Beckenring, intakt sind. Zu beachten ist jedoch bei der Anwendung dieser Klassifikation bei geriatrischen Beckenringverletzungen, dass sich, belegt durch zahlreiche Studien [26, 27, 36], oftmals (53-95%) Begleitverletzungen des dorsalen Beckenringes bei initial diagnostizierten isolierten Frakturen des vorderen Beckenringes finden. Diagnostiziert werden diese jedoch meist nur durch weiterführende Bildgebung auf Grund von persistierender Schmerzsymptomatik. *Typ-B*-Verletzungen werden durch eine partielle Instabilität und somit durch eine zusätzliche inkomplette Unterbrechung im Bereich des

hinteren Beckenringes gekennzeichnet. Dabei ist die Translationsstabilität jedoch stets erhalten. *Typ-C*-Verletzungen klassifizieren eine komplette vertikale wie auch rotatorische Instabilität.

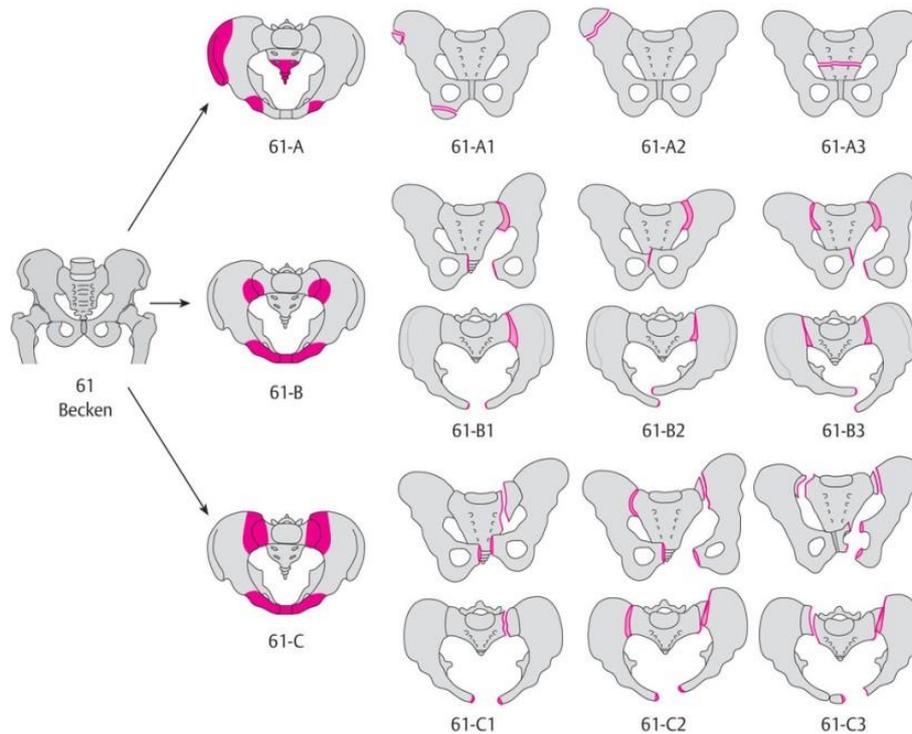


Abbildung 5: AO/OTA-Klassifikation (aus <https://eref.thieme.de>)

Klassifikation nach Pennal, Sutherland und Tile

Die Klassifikation nach Pennal, Sutherland und Tile aus dem Jahr 1961 beschreibt den Mechanismus des Beckentraumas Anhand 3er Kraftvektoren, die auf das Becken einwirken können. Man unterscheidet Verletzungen, welche durch eine antero-posteriore Krafrichtung, eine laterale Kompression und eine vertikale Scherverletzung hervorgerufen werden. Zudem werden Verletzungen, welche sich nur unzureichend oder nicht eindeutig einem Kraftvektor zuordnen lassen, als CM-Verletzungen („combined mechanical injury“) bezeichnet [37].

Klassifikation nach Young und Burgess

Young und Burgess kombinieren für Ihre Klassifikation die AO-Klassifikation, mit der Pennal-Klassifikation. Zu den nach Pennal beschriebenen Kraftvektoren, werden hier 3 Instabilitätsgrade hinzugefügt. Die vertikalen Scherverletzungen finden in dieser Klassifikation keine Anwendung, da die vorhandene Translation im dorsalen Beckenring per se eine instabile Fraktursituation darstellt [38].

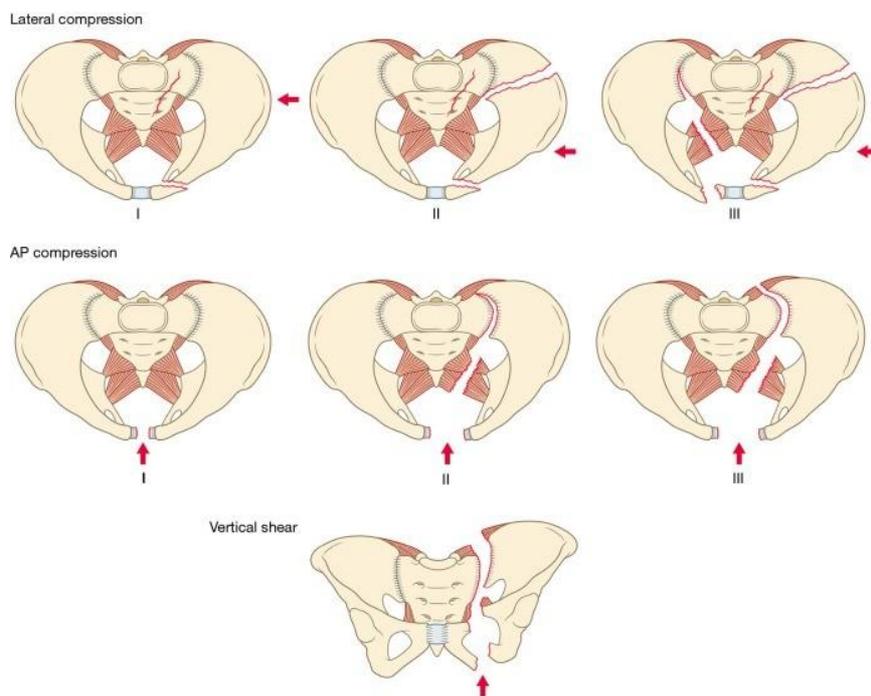


Abbildung 6: Klassifikationsschema nach Young-Burgess (aus <https://eref.thieme.de>)

Klassifikation von Sacrumfrakturen nach Denis

Denis et al. teilt den Frakturverlauf von Sacrumfrakturen in 3 Zonen ein: Während die Frakturhäufigkeit von lateral nach zentral abnimmt, steigt die Inzidenz begleitender neurologischer Schäden je zentraler die Fraktur verläuft [39, 40]. Pohlemann et al. konnten zudem in einer Studie an 377 Sacrumfrakturen die Korrelation vom Frakturtyp nach Denis und neurologischer Ausfälle bestätigen, während jedoch bestehende Instabilitätsgrade des Beckens als prognostische Faktoren bezüglich neurologischer Ausfälle als Hauptfaktor beschrieben werden [41].

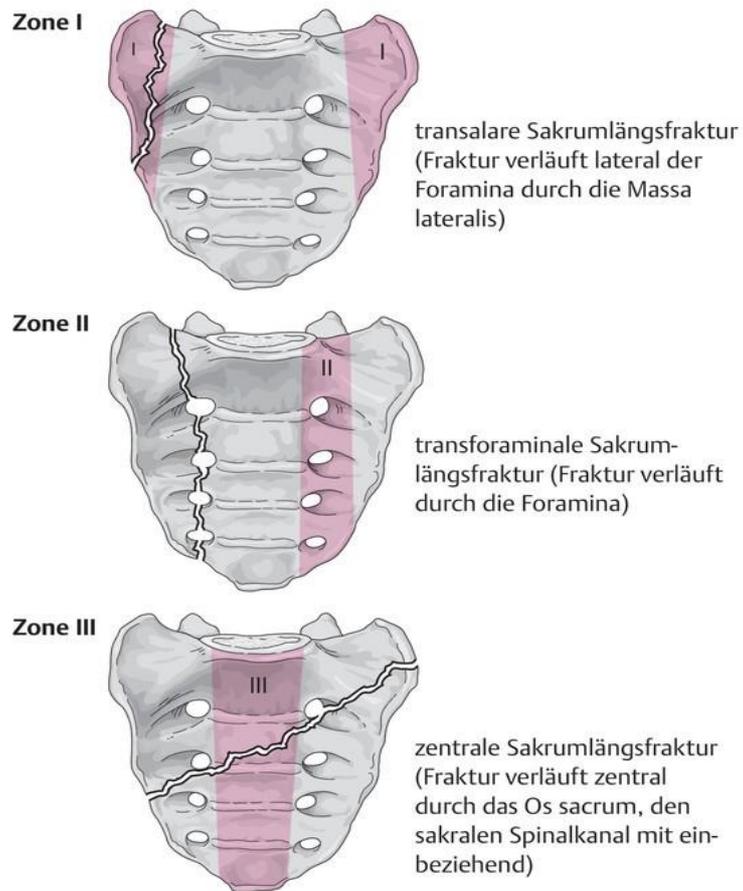


Abbildung 7: Klassifikationsschema nach Denis. (aus: <https://eref.thieme.de>)

1.5.3 Klassifikation des geriatrischen Beckentraumas

1.5.3.1 FFP-Klassifikation nach Rommens

2013 veröffentlichten Rommens und Hofmann die FFP-Klassifikation, welche ein spezielles System zur Klassifizierung von Fragilitätsfrakturen darstellt. Sie analysierten detailliert Frakturen des älteren Menschen und berücksichtigten vor allem auch Insuffizienzfrakturen des Sacrums. Insbesondere Morphologie der Fraktur und Grad der Instabilität werden berücksichtigt. Somit beruht diese Klassifikation auf der Einteilung von Instabilitätskriterien, welche entscheidend für das therapeutische Vorgehen sind. Die Instabilitätsgrade werden in leichte (Typ I), mäßige (Typ II), hohe (Typ III) und höchste (Typ IV) Instabilitäten eingeteilt.

Die Einteilung wird anhand einer radiologischen (Röntgen, CT, MRT) wie auch klinischen Befundung getroffen. Innerhalb jedes FFP-Typs bestehen weitere Unterkategorien welche Anhand der folgenden grafischen Darstellungen weiter erläutert werden sollen.

FFP-Klassifikationsschema

Typ I Verletzungen

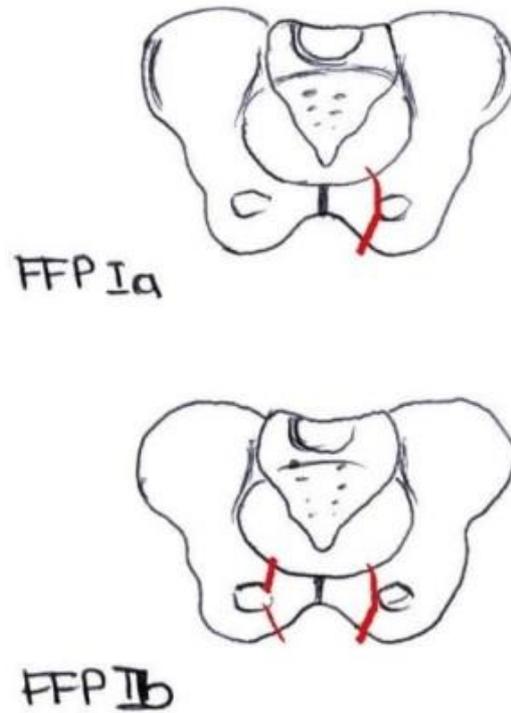


Abbildung 8 FFP-Typ I Verletzungen

Typ I Verletzungen entsprechen dabei ein- oder beidseitigen Verletzungen des vorderen Beckenringes ohne Beteiligung des hinteren Beckenringes (angelehnt **Rommens, P.M. and A. Hofmann**, Injury 2018 [12])

Typ II Verletzungen

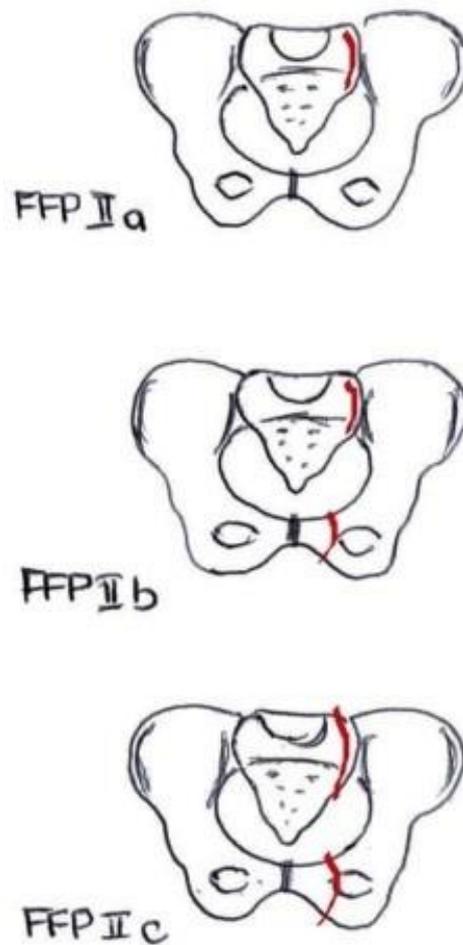


Abbildung 9 FFP-Typ II Verletzungen

Unverschobene Verletzung des hinteren Beckenringes,

Ila Unverschobene isolierte Sacrumfraktur ohne Beteiligung des vorderen Beckenringes

Ilb Mitbeteiligung des vorderen Beckenringes, Sacrumfraktur mit ventraler Stauchung welche bilateral sein kann

Ilc Mitbeteiligung des vorderen Beckenringes, Sacrumfraktur mit Unterbrechung der ventralen und dorsalen Kortikalis (ggf. bilateral)

(angelehnt **Rommens, P.M. and A. Hofmann**, Injury 2018 [12])

Typ III Verletzungen

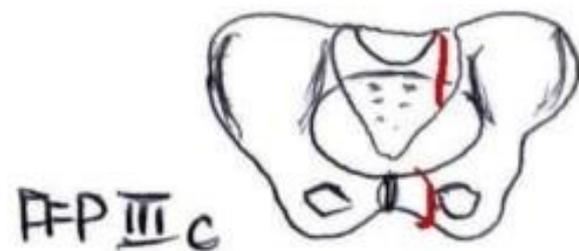
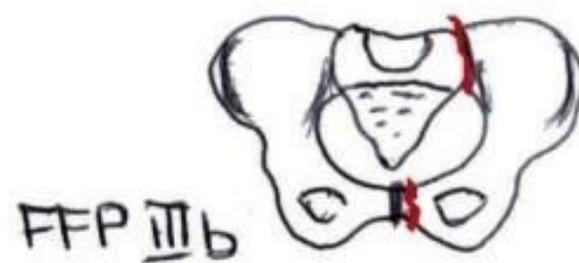


Abbildung 10: FFP-Typ III Verletzungen

Typ III Verletzungen sind komplette und dislozierte, einseitig posteriore Verletzungen mit hoher Instabilität (angelehnt **Rommens, P.M. and A. Hofmann**, Injury 2018 [12])

Typ IV Verletzungen

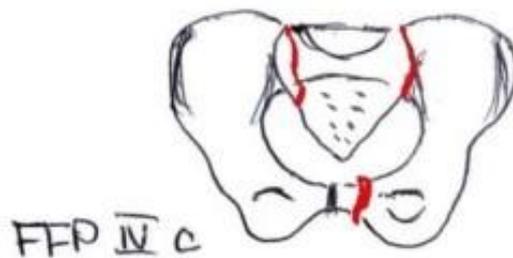
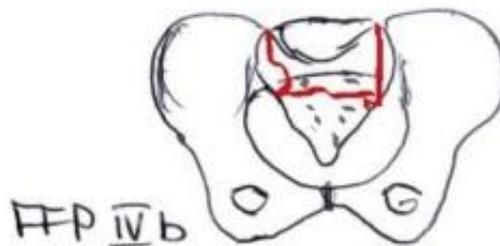
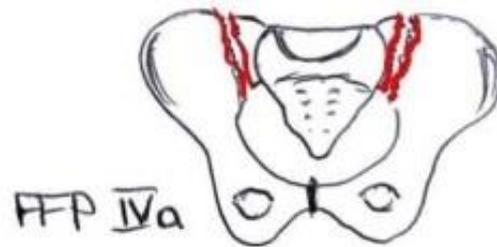


Abbildung 11: FFP-Typ IV Verletzungen

Beidseitige dislozierte Verletzung des hinteren Beckenringes, komplette Dissoziation zwischen iliolumbalen WS und Beckenring

IVa Beidseitige Iliumfraktur oder transsacroiliakale Instabilität

IVb Beidseitige Sacrumfraktur

IVc Sonstige Kombinationsformen beidseitiger dorsaler Instabilitäten

(angelehnt **Rommens, P.M. and A. Hofmann**, Injury 2018 [12])

1.5.3.2 Alpha numeric classification (ANC)

Mit dem Verweis auf die nachträglich erfolgte Anpassung der Literaturnachweise. Die zwischenzeitlich erfolgte Veröffentlichung und Erläuterung dieser Klassifikation ist in modifizierter Form, mit jedoch gleichen Ergebnissen/Datenauswertung, unter [98] angegeben.

Bei dieser Klassifikation handelt es sich um eine alphanumerische Klassifikation, welche auf der Lokalisation der Fraktur und der Frakturmorphologie von geriatrischen Patienten basiert. Sie ist an das Schema des alphanumerischen AO-Klassifizierungssystems angelehnt [98].

In dieser Klassifikation wird zwischen den Frakturtypen (A, B und C), Gruppen (1 - 3) und Subgruppen (1 - 3) unterschieden. Der Grad der Instabilität steigt von Typ A zu Typ C und von Gruppe 1 zu Gruppe 3 an.

Die Typen beschreiben die Beteiligung des vorderen und / oder des hinteren Beckenringes. Bei isolierten Frakturen im Bereich des vorderen Beckenringes handelt es sich um die „stabilsten“ Insuffizienz-/Low-Energy-Beckenringfrakturen. Sie werden somit als Typ A Frakturen klassifiziert. Isolierte Frakturen des hinteren Beckenringes werden als Typ B klassifiziert, kombinierte Frakturen des vorderen und des hinteren Beckenringes als Typ C Frakturen [98].

Im Weiteren beschreiben die Gruppen eine ein- wie auch beidseitige Beteiligung des hinteren Beckenringes. Somit werden Typ-A-Frakturen, also isolierte Frakturen des

vorderen Beckenringes, nicht weiter in Gruppen und Subgruppen unterteilt. Einseitige Frakturen des hinteren Beckenringes entsprechen Verletzungen der Gruppe 1, hingegen Frakturen mit bilateraler Beteiligung des hinteren Beckenringes gehören der Gruppe 2 an. Zu den Frakturen der Gruppe 3 zählen bilaterale Frakturen mit querverlaufenden Frakturen durch die sagittale Mittellinie, also H-, U- und Y-förmige Frakturen [98].

Im Rahmen der Subgruppen wird die anatomische Region der Frakturen des hinteren Beckenringes und das Ausmaß der Sacrumfrakturen beschrieben. Frakturen im Bereich des Sacrums in zwei Subgruppen zu unterteilen ist als zweckmäßig zu erachten, da im Bereich der sacralen Ala die überwiegende Mehrheit der Fragilitätsfrakturen vorkommt. Inkomplette Frakturen des Sacrums (Stauchung/Fraktur der anterioren Kortikalis) werden als Untergruppe 1 bezeichnet, vollständige sacrale Frakturen (anteriore und posteriore Kortikalis) klassifiziert man als Untergruppe 2. Iliosacrale Verletzungen, welche im geriatrischen Patientenkollektiv eher selten vorkommen, wie auch iliakale Frakturen gehören der Subgruppe 3 an. Bei bilateralen Frakturen des posterioren Beckenringes wird für die Subgruppen-Klassifikation eine zweistellige Nummer verwendet, wobei die höhere Nummer stets zuerst verwendet wird. Liegt zum Beispiel eine bilaterale Sacrumfraktur vor, bei welcher die eine Seite vollständig frakturiert ist und die kontralaterale Seite unvollständig benennt man diese als Subgruppe 2-1 [98].

ANC-Klassifikationsschema

Mit dem Verweis auf die nachträglich erfolgte Anpassung der Literaturnachweise. Die zwischenzeitlich erfolgte Veröffentlichung und Erläuterung dieser Klassifikation ist in modifizierter Form, mit jedoch gleichen Ergebnissen/Datenauswertung, unter [98] angegeben.

Typen:

- A Fraktur im Bereich des vorderen Beckenringes
- B Fraktur im Bereich des hinteren Beckenringes
- C Fraktur im Bereich des vorderen und hinteren Beckenringes

Gruppen:

- 1 Einseitige Fraktur im Bereich des hinteren Beckenrings
- 2 Beidseitige Fraktur im Bereich des hinteren Beckenrings
- 3 Beidseitige H- / U-förmige Fraktur im Bereich des hinteren Beckenringes

Subgruppen (uni-, kontralateral):

- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
| 1 | Inkomplette Iliumfraktur | 1 | Inkomplette Iliumfraktur |
| 2 | Komplette Sacrumfraktur | 2 | Komplette Sacrumfraktur |
| 3 | Iliumfraktur | 3 | Iliumfraktur |

1.6 Epidemiologie

Frakturen wie auch Verletzungen des Beckenrings sind insgesamt seltene Frakturen. Sie machen lediglich 2-8% aller Frakturen aus. Die Inzidenz wurde bereits 1992 in einer schwedischen Studie von Ragnarsson und Jacobson, mit 20 pro 100000 Personen angegeben [42]. Betrachtet man die Häufigkeit des Auftretens von Beckenringverletzungen im Rahmen von Hochrasanz-Verletzungen steigt, der Anteil an Beckenverletzungen bezogen auf das polytraumatisierte Patientenkollektiv auf über 25% [43, 44].

Bei geriatrischen Beckenringverletzungen ist eine steigende Inzidenz zu beobachten. So zeigte sich in einer retrospektiven finnischen Analyse, in welcher über 80-jährige analysiert wurden, ein Anstieg der Inzidenz geriatrischer Beckenringfrakturen von 73 auf 364/100 000 im Zeitraum von 1970 bis 1997 [45]. Ebenso bestätigten Sullivan et al. die Zunahme an geriatrischen Beckenringverletzungen in den USA von 1993 bis 2010 um 24% [46]. In Deutschland wird die Inzidenz von Osteoporose assoziierten Beckenringfrakturen bereits bei Patienten im Alter von über 60 Jahren mit 224/100 000 pro Jahr angegeben [25].

Betrachtet man den Anstieg der Inzidenz an geriatrischen Beckenringverletzungen ist sicherlich vor allem die abnehmende bzw. stagnierende Bevölkerungszunahme und der damit prozentuale Anstieg an älteren Menschen wie aber auch die zugleich

steigende Lebenserwartung in unserer Gesellschaft als plausibel zu bezeichnen. Medizinisch betrachtet ist jedoch auch der Fortschritt an diagnostischen Möglichkeiten nicht zu vernachlässigen, so ist es uns heute jederzeit möglich auf eine erweiterte radiologische Diagnostik zurückzugreifen.

1.61 Unfallursachen

Nicht geriatrische Patienten ziehen sich Beckenringfrakturen häufiger auf Grund von Unfällen im Straßenverkehr oder Stürzen aus großer Höhe zu [47]. Bereits Pohlemann hat diese Tatsache 1992 im Rahmen einer Studie veröffentlicht [48]. Dabei hat er beschrieben, dass sich über 70% der Patienten die Beckenverletzungen im Rahmen von Verkehrsunfällen zuziehen - miteingeschlossen Verletzungen bei älteren Patienten, welche sich Frakturen im Zuge banaler Stürze zuziehen [48]. In Studien näherer Zukunft, wird dies allgemein differenzierter zu betrachten sein. So ziehen sich, im Gegensatz zu den jüngeren Patienten, immer mehr ältere Patienten Beckenringverletzungen zu [45, 49, 50]. Diese Verletzungen werden vor allem durch Niedrig-Energie-Traumata hervorgerufen [51].

1.62 Alters- und Geschlechtsverteilung

Betrachtet man die Alters- und Geschlechtsverteilung von Beckenverletzungen, fällt einem eine zweigipflige Verteilung auf. Zum einen existiert das junge Patientenkollektiv zwischen dem 20-35sten Lebensjahr, in den Fokus dieser Arbeit rückt nun jedoch der ältere Patient. Auch hier lassen sich viele Studien finden, welche einen zweiten

Häufigkeitsgipfel, welcher um das 85. Lebensjahr auftritt, beschreiben. Ein Beispiel dafür bieten Fuchs et al. Sie wiesen in der von Ihnen durchgeführten Untersuchung einen Häufigkeitsgipfel zwischen dem 81. Und 90. Lebensjahr auf [52]. Ebenso zeigt sich in anderen Untersuchungen eine deutliche Korrelation mit dem Alter und dem weiblichen Geschlecht [53]. Dies bestätigte das deutsche Beckenregister im Jahr 2017. Es zeigt, dass 75% der Patienten, mit Beckenringverletzungen im Alter, weiblichen Geschlechts über dem 60. Lebensjahr waren [54]. Klinische Erfahrungen lassen an die hohe Inzidenz aufgrund Osteoporose beim weiblichen Geschlecht denken, was unter anderem auch Oberkircher et al. 2018 im deutschen Ärzteblatt beschrieben hat. In diesem Artikel beschreibt er weiter, dass „Auch Maier et al. fanden in ihrem retrospektiv analysierten Patientenkollektiv (93 Insuffizienzfrakturen des Beckenringes) 75 % weibliche Patienten und eine signifikante Korrelation mit einer verminderten Knochendichte in der Messung mithilfe der Doppelröntgenenergieabsorptiometrie (DEXA) sowie auch mit einem Vitamin-D-Mangel“. [23] Damit verwies er weiter auf andere Untersuchungen, welche besagen, dass 60% aller Beckenringfrakturen im Alter im Zusammenhang mit einer begleitenden Osteoporose stehen.

Diese Frakturen sind in der Regel stabil und treten ohne Begleitverletzungen bereits nach banalen Stürzen auf. Ungeachtet des Geschlechts müssen hier vor allem, bedingt durch Multimorbiditäten, Frailty, rezidivierende Sturzereignisse bei

Gangunsicherheit, etc., spezielle Konzepte zur Diagnostik, Befundung und zur Planung eines adäquaten Therapiekonzeptes gefunden werden [6, 55].

1.63 Das Beckentrauma beim alten Menschen

Allgemein betrachtet ist unser Wissen über osteoporotische Frakturen bzw. Niedrig-Energie-Frakturen des Beckenringes bei älteren Patienten noch sehr begrenzt. Behandlungsstrategien beruhen auf geringen Erfahrungswerten und bedürfen einem vermehrten Wissensaustausch unter Kollegen bei zugleich notwendigem breiten Wissensbedarf bezüglich vorhandener Komorbiditäten [3, 9, 10, 12, 13].

Nicht weniger unbekannt sind uns fundierte Erfahrungswerte bzgl. etwaiger operativer Vorgehensmaßnahmen bei Fragilitätsfrakturen des Beckenringes [25]. Bereits 2002 beschrieben David P. O'Brien et al., dass Traumata die fünfthäufigste Todesursache bei Patienten über 65 Jahren darstellen [6]. Er beschrieb, dass die Kombination multipler Verletzungen, Multimorbiditäten und die zugleich fehlenden physiologischen Reserven im Alter eine große Herausforderung für die klinische Behandlung darstellen. Erschwerend kommt hinzu, dass der Wunsch auf die Erhaltung eines gewissen Lebensstandards und der Bedarf einen selbstständigen Lebensstil fortzusetzen stetig wächst und durch die behandelnden Ärzte mitbeachtet werden sollte.

1.64 Klassifikationen und Beachtung der Frakturmorphologie

Während bei jungen Patienten stabile Typ A-Verletzungen mit über 50% die häufigste Verletzungsform darstellen [53, 56] und sich die Inzidenz von Typ B- und Typ C-Verletzungen nicht wesentlich unterscheiden, muss beim geriatrischen Patientenkollektiv mit Fragilitätsfrakturen, anders klassifiziert werden. Diese unterscheiden sich grundlegend von Beckenringfrakturen beim „jungen“ Patienten. Knochen werden „brüchig“, Bandstrukturen rigide. Dies hat zur Folge, dass sich die Biomechanik und Lastübertragung verändert [57].

Wenn der ältere Mensch stürzt, kommt es zumeist zu einem Sturz auf die Seite. Daraus resultieren in der Regel Frakturen im Bereich der Ala Osis sacri [58]. Ebenso sind solche Frakturen nicht selten mit horizontalen Frakturen des Ramus superior des Os pubis und damit einer Fraktur des vorderen Beckenringes vergesellschaftet [2, 12].

Der physiologisch bedingte Knochenabbau folgt einem einheitlichen Muster [57, 59]. Vor allem das Sacrum ist durch die Sturzcharakteristik des alten Patienten besonders anfällig für Frakturen [58]. Ebenso wurde bereits von Rommens beschrieben, dass sich im Laufe der Zeit die Frakturmorphologie ändern bzw. fortschreiten kann [12]. Die initial noch diagnostizierten Kompressionsfrakturen können bedingt durch erneute Bagatelltraumata oder auch lediglich durch eine Vollmobilisation progredient verlaufen und sich zu deutlich instabileren und komplexen Frakturen entwickeln [2, 60].

Die Klassifikationen, welche im jüngeren Alter oder bei Hochrasanz-Traumata verwendet werden, sind dabei nicht optimal in der Verwendung bei Frakturen im geriatrischen Patientenkollektiv. Grund dafür ist eine andere Frakturmorphologie zwischen Jung und Alt und damit besteht die Gefahr zur Fehleinschätzung bedingt durch die Anwendung einer „falschen“ Klassifikation. Als Beispiel sind die häufig auftretenden bilateralen Sacrumfrakturen im Sinne von Insuffizienzfrakturen zu nennen. Würde man diese nun nach dem AO-System klassifizieren, würden wir hier von einer hochgradig instabilen Situation sprechen (Typ C3).

1.7 Diagnostik des Beckentraumas

Die richtige Diagnostik ist ausschlaggebend für eine adäquate Behandlung und den gesamten Heilungsverlauf.

Im geriatrischen Patientenkollektiv treten Beckenringverletzungen vor allem durch Bagateltraumen auf. Patienten werden mit starker Schmerzsymptomatik in der Ambulanz vorstellig, gehäuft auch ohne eine existente Traumaanamnese. Es werden Beschwerden angegeben, welche sich teils seit Wochen progredient entwickeln und im Bereich der Leiste, Hüfte oder auch im lumbosacralen Gebiet lokalisiert sind. Somit ist die Anamnese der erste Schritt, um ein adäquates Abklärungs- und Therapiemanagement zu entwickeln.

1.7.1 Anamnese und klinische Untersuchung geriatrischer Patienten

Die Anamnese ist ausschlaggebend für das weitere Vorgehen. Ist der Patient wach und ansprechbar, orientiert und nicht dementiell vorerkrankt, wird dieser ausführlich befragt. Da in manchen Fällen die Anamnese unklar bleibt oder kein Trauma angegeben werden kann, sind in jedem Fall auch das Rettungspersonal und Angehörige zu befragen, um diagnostisch hilfreiche Informationen zu gewinnen. Vor allem bei älteren Patienten bieten bereits Anpralltraumata, anamnestisch eruierte Stürze aus geringer Höhe (aus dem Stand, etc.) wie aber auch der Schmerzcharakter und Verlauf über Wochen, erste Hinweise auf die Verletzungscharakteristik.

Charakteristika der vermeintlichen Frakturen werden ebenso nicht selten durch das Alter bestimmt [53, 61]. So beeinflussen rigide Knochenqualitäten und Bandstrukturen Frakturverläufe und Instabilitäten bereits durch geringe Krafteinwirkung.

Obligat ist die genaue Inspektion um Prellmarken, Schwellungen und Weichteilverletzungen zu erkennen. Dabei gilt es den Patienten stets entkleidet zu untersuchen. Auch der olfaktorische Hinweis auf einen möglichen Harnwegsinfekt, welcher bei älteren Patienten gehäuft auftritt, gilt es hier festzustellen um bei einer operativen Indikation und auf Grund der Gefahr sekundärer Infektionen entsprechend therapeutisch handeln zu können.

Die Überprüfung der Stabilität des Beckenringes sollte dann im weiteren Verlauf erfolgen. In der Regel sind Beckenasymmetrien klinisch nicht zu erkennen, bedürfen damit manuellen Untersuchungen, spielen der klinischen Erfahrung nach bei Insuffizienzfrakturen jedoch eher eine untergeordnete Rolle [55, 62, 63, 64].

Zumindest im Rahmen einer positiven Traumaanamnese kann es zu Verletzungen sakraler Nervenwurzeln kommen. Eine grobneurologische Untersuchung oder auch eine konsiliarisch-neurologische Mitbeurteilung ist in diesem Fall indiziert. Da Läsionen des peripheren Nervensystems gehäuft durch Druck- oder Dehnungsmechanismen auftreten, lässt ein nervaler Ausfall jedoch nicht zugleich auf die Höhe der Fraktur

schließen. Bei Frakturen im Bereich des Os sacrum stellt weiters die Überprüfung der perianalen Sensibilität und des Sphinktertonus eine notwendige Untersuchung dar.

In der Prüfung peripherer Pulse können etwaige Verletzungen des Gefäßsystems verifiziert werden, dafür stellen dann auch die Dopplersonographie und Angiographien mögliche Hilfsmittel dar.

Instabile Verletzungen und Verletzungen des Gefäß-Nerven-Systems spielen bei Fragilitätsfrakturen jedoch eine deutlich untergeordnete Rolle und sollen hier lediglich der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

1.72 Laboruntersuchung

Blutchemische Kontrollen sowie die Untersuchung des Harnstatus gehören ebenso zur Basisdiagnostik des klinischen Ablaufes. Hinweise auf Blutungen, chronische Anämie, der Gerinnungsstatus, Einschränkungen der Nierenfunktion oder des Immunsystems wie auch erhöhte Entzündungsparameter können für eine zeitgerechte Stabilisierung/Optimierung des Allgemeinzustandes sorgen und ebenso weitere diagnostische Maßnahmen indizieren oder Kontraindikationen bestimmen.

Zur Verdeutlichung der Wichtigkeit laborchemischer Kontrollen ist die auffallend erhöhte Mortalität bei z.B. traumatologischen Frakturen, bei initialen Hb-Werten von unter 8g/dl [65-69]. Stellt man in der Medikamentenanamnese oder eben auch laborchemisch eine vorbestehende Antikoagulation fest, sollte diese vor allem bei

einer etwaigen OP-Indikation angepasst oder bei Möglichkeit abgesetzt werden. In Notfällen gibt es ebenso die Möglichkeit zur Substitution von Gerinnungsfaktoren oder Antidotgabe wie z.B. von Vit-K (Konaktion) bei bestehender Marcumartherapie. Die neuen Antikoagulantien stellen heutzutage vermehrt Schwierigkeiten im klinischen bzw. chirurgischen Alltag dar. Demzufolge ist eine zeitgerechte Anpassung des Gerinnungsstatus unter dieser Prämedikation kaum möglich.

1.7.3 Urologische Untersuchung

Beim älteren Patientenkollektiv gilt es vor allem begleitenden Harnwegsinfekte laborchemisch mittels einer Harnuntersuchung auszuschließen oder eben bei einer positiven Befundung antibiotisch anzubehandeln.

1.7.4 Radiologische Diagnostik

Neben der klinischen Untersuchung sollten bei Verdacht auf eine Beckenringfraktur, als nächster Schritt eine Übersichtsaufnahme des Beckens a. p. erfolgen. Weitere Aufnahmen wie die „Inlet“- und „Outlet“-Aufnahmen (Beurteilung des vorderen und hinteren Beckenringes) sowie eine „axiale Hüftaufnahme“ (Schenkelhals- und pertrochantäre Femurfrakturen) können in Abhängigkeit von Schmerzsymptomatik und Anamnese angeschlossen werden.

Auch wenn sich in mehrfach veröffentlichten Untersuchungen gezeigt hat, dass die nativ-radiologische Diagnostik in bis zu 88-94% der Fälle [70, 71], eine korrekte

Diagnose erbracht hat, ersetzt sie keineswegs die CT-Diagnostik, da sich die Beurteilung einer Dislokation, in anteroposteriorer und kraniokaudaler Richtung, als äußerst limitiert zeigt. Weitere Aufnahmen wie zum Beispiel die Symphysenzielaufnahme finden heute erfahrungsgemäß keine Anwendung in der akuten Beckendiagnostik mehr.

Da die nativ-radiologische Röntgendiagnostik somit in einigen Fällen an ihre Grenzen stößt (wenig bis minimal dislozierte Frakturen, Fragilitätsfrakturen - insbesondere nicht-dislozierte Stauchungsfrakturen des Sacrums) stellt sich hier in der Regel lediglich die CT-Diagnostik als nahezu diagnosesichernd heraus [12, 16, 52]. Primär als isolierte Läsionen im Bereich des vorderen Beckenringes beurteilte Frakturen, stellen sich in weiterer Folge und zwar in bis zu 80% der Fälle, als kombinierte vordere und hintere Beckenringfrakturen heraus [16, 72]. Auch die Unterscheidung zwischen B- und C-Verletzungen, welche ausschlaggebend für die weitere operative Behandlung und das entsprechende Outcome ist, kann vor allem mit der CT-Diagnostik erschlossen werden. Ebenso spielt die CT-Diagnostik auch bei Verlaufskontrollen eine entscheidende Rolle. So beschrieb Rommens bereits die Tatsache, dass sich osteoporotische Beckenringverletzungen, welche initial als Fraktur mit geringer Instabilität klassifiziert worden sind, im Laufe der Zeit in einen Frakturtyp mit einem höheren Grad an Instabilität entwickelten, oder sich durch sekundäre Dislokationen wie auch weitere Bagatelltraumata veränderten [12].

Einen möglichen Lösungsansatz würde hier das Dual-Energy-CT (DECT) darstellen. Dieses vereint die Vorteile der CT-Diagnostik, wie die gute Darstellung knöcherner Strukturen sowie eine im klinischen Alltag schnelle und günstige Verfügbarkeit, mit der hohen Ödemsensitivität von der jedoch deutlich teureren MRT-Bildgebung, unter Dosisneutralität, zu bestehenden konventionellen CT-Geräten [73].

Weiters erhält die Magnetresonanztomographie (MRT) in der Diagnostik von Beckenringfrakturen zunehmend Aufmerksamkeit. Insbesondere bei persistenten Beschwerden mit negativer Traumanamnese und ohne zuvor diagnostiziertes Korrelat in der CT-Untersuchung können sich hier okkulte Insuffizienzfrakturen des Sacrums darstellen. In einer Studie von Cosker et al. konnten in über 95% der Fälle, bei Patienten mit initial diagnostizierter, isolierter Fraktur des vorderen Beckenringes, zudem Läsionen im Bereich des hinteren Beckenringes diagnostiziert werden [36]. Ebenso bietet die Diagnostik mittels MRT die Möglichkeit zwischen frischen und älteren Läsionen zu unterscheiden.

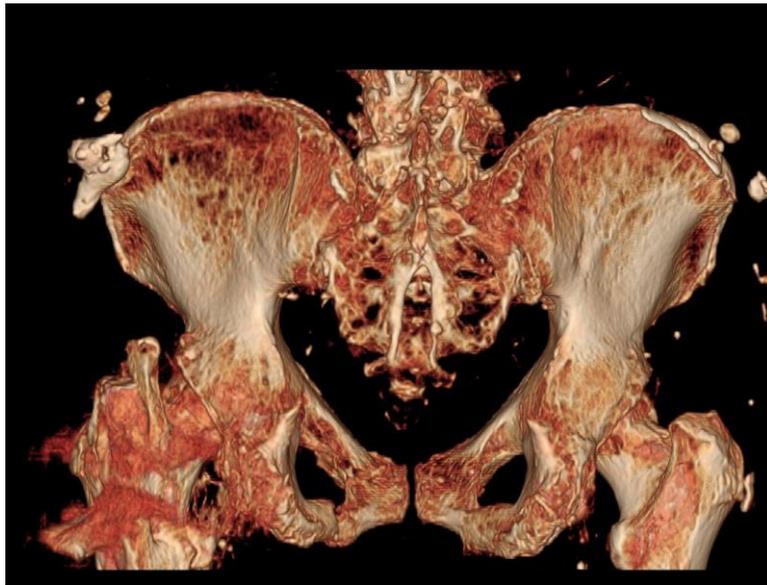


Abbildung 12: 83-jährige Patientin, fract. ram. sup. et inf. ossis pubis sin non rec., Fract ossis sacri utriusque (Insuffizienzfraktur)

Zusammenfassend kann man sagen, dass die CT-Diagnostik eine schnelle und sichere Möglichkeit bietet, multiplanare wie auch dreidimensionale Rekonstruktionen zu liefern und daher als Goldstandard in der Akut-Diagnostik von Beckenverletzungen gilt. Diese Untersuchung gilt somit als Mittel der Wahl in der Diagnostik geriatrischer Beckenringverletzungen und ist vor allem in der Beurteilung des hinteren Beckenringes unabkömmlich. Anzumerken ist ebenso die Möglichkeit auch in Akutphasen Kontrastmitteluntersuchungen, zum Ausschluss von aktiven Blutungen, anzuschließen oder Begleitverletzungen des Urogenitaltraktes zu verifizieren.

1.8 Therapiemanagement des Beckentraumas der Kohorte > 75 J.

Bei traumatischen Beckenverletzungen ergibt sich die Indikationsstellung für die weitere Therapie durch die Stabilität [61].

Dabei werden stabile Verletzungen in aller Regel konservativ und instabile Verletzungen operativ behandelt. Zu den möglichen Frakturtypen welche konservativ behandelt werden können, zählen Frakturen vom Typ-A (nicht- oder wenig dislozierte Frakturen des vorderen Beckenringes, Abrissfrakturen, etc.). Ausnahmen kann es auch bei Typ-B-Frakturen geben. Besteht eine stabile Stauchungsfraktur bei gleichzeitiger Innenrotationsverletzung (B2) kann auch hier von einer Operation Abstand genommen werden [37]. Entscheidet man sich in Grenzfällen für ein konservatives Vorgehen sind, der klinischen Erfahrung nach, stets engmaschige radiologische Verlaufskontrollen indiziert.

Die Indikation zur operativen Versorgung wird bei einer instabilen Beckenfraktur gestellt. Damit wird die schnelle Mobilisierung und früh-funktionelle Nachbehandlung gewährleistet. Welches operative Vorgehen indiziert ist (ventrale, dorsale oder kombinierte Stabilisierung) entscheidet der Operateur je nach Frakturtyp bzw. Instabilitätsgrad.

Besteht eine hämodynamische Instabilität, ist eine sofortige CT-Untersuchung des Beckens mittels Kontrastmittel (Angiographie) durchzuführen um Blutungsquellen zu

identifizieren und bei Möglichkeit eine Embolisation vorzunehmen [74]. Nicht selten stehen geriatrische Patienten unter einer therapeutischen Antikoagulation.

Eine im klinischen Verlauf durchzuführende Knochendichtemessung gilt es ebenso anzustreben, um bei Nachweis einer Osteoporose eine entsprechende medikamentöse Therapie einzuleiten oder eine bereits bestehende Therapie zu optimieren. In einer Studie von Maier et al. konnte beschrieben werden, dass 75% aller eingeschlossenen Patienten an einer diagnostizierten Osteoporose leiden, jedoch lediglich bei der Hälfte eine Therapie eingeleitet worden ist [75]. Dies hat nicht nur zur Folge, dass Frakturen allgemein für diese Patienten ein erhöhtes Risiko darstellen, sondern es konnte ermittelt werden, dass auch die Heilung bei Fragilitätsfrakturen prolongiert verläuft [76].

Um eine frühzeitige Optimierung des Allgemeinzustandes des Patienten zu erlangen, ist ein individuelles Therapiekonzept notwendig. Dafür muss eine multidisziplinäre Zusammenarbeit mit den Kollegen der Geriatrie, den Schmerztherapeuten wie aber auch mit Physiotherapeuten organisiert werden. Im Vordergrund sollte jedoch, ob die Therapie operativ oder konservativ stattfindet, stets eine zügige Schmerzlinderung und Mobilisierung stehen. Ist eine operative Vorgehensweise indiziert, sollte diese beim älteren Patienten so minimal-invasiv wie nur möglich sein [2].

Therapiemanagement nach Rommens und Hofmann

Rommens und Hofmann beschreiben, dass die Instabilitätskriterien der FFP-Klassifikation und somit die Morphologie, die entscheidenden Kriterien für die Erstellung eines Therapiekonzeptes und ein etwaiges operatives Vorgehen bei Fragilitätsfrakturen sind [12]. Diese Aussage wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Die Komplexität dieser Patienten bedarf der Berücksichtigung des körperlichen wie auch mentalen Zustandes schon vor der Verletzung. Ebenso ist die Analyse des möglichen Outcomes bei einem operativen oder konservativen Vorgehen unter Beachtung bestehender Komorbiditäten und Unterstützung des sozialen Umfeldes gegenüberzustellen [77, 78].

Um Rommens Aussage zu verdeutlichen wird folgend der Zusammenhang zwischen Therapiemöglichkeiten und der FFP-Klassifikation vorgestellt. Bedenken sollte man weiters die bisher noch nicht existente Validierung des Klassifizierungssystems.

Frakturtyp FFP I

Bei der isolierten vorderen Beckenringfraktur handelt es sich um eine stabile Fraktur. Somit ist hier ein konservatives Vorgehen unter einer entsprechenden medikamentösen Analgesie anzustreben [23]. Die WHO bietet dafür ein spezielles Stufenschema.

Eine jeweilige medikamentöse Analgesie bzw. Schmerztherapie kann je nach Schmerzintensität stationär wie auch ambulant durchgeführt werden. Hier müssen jedoch Komorbiditäten beachtet werden. Eine Vorerkrankung wie zum Beispiel eine bestehende Niereninsuffizienz schließt gewisse medikamentöse Behandlungen, welche die Nieren zusätzlich belasten, aus. Reichen Analgetika der „Stufe 1“ nicht aus, kann dann entsprechend auf eine kombinierte Therapie mit Opioiden zurückgegriffen werden. Doch auch bei dieser Therapie sollte an Nebenwirkungen wie z.B. Obstipation gedacht werden und dieser entsprechend vorgebeugt werden. Patienten, welche sich bedingt durch eine ausgeprägte Demenz oder anderweitige kognitive Einschränkungen nicht adäquat verständigen können, bedürfen einer besonderen Beachtung hinsichtlich Compliance und Therapiewahl [79]. Speziell dafür erarbeitete Systeme können zur Erkennung von Schmerzzuständen dementieller Patienten angewandt werden [80].

Ebenso ist eine physiotherapeutische Beübung ein wichtiger Therapieansatz, um den älteren Patienten rechtzeitig zu mobilisieren. Radiologische Verlaufskontrollen sind dabei obligat, um sekundäre Dislokationen oder eine Progredienz des Frakturcharakters rechtzeitig zu erkennen.

Frakturtyp FFP II

Bei den FFP II-Frakturen handelt es sich um nicht dislozierte Frakturen des hinteren Beckenringes. Die FFP II a Fraktur und damit eine isolierte hintere Beckenringfraktur ist eine Seltenheit. Zumeist treten sie in Kombination mit Frakturen des vorderen Beckenringes auf. „Meist kommt es aufgrund des Unfallmechanismus zusätzlich zu einer vorderen Beckenringfraktur in Kombination mit einer Kompressionsfraktur im Bereich der Massa lateralis des Sakrums (FFP Typ IIb) oder zu einer nichtverschobenen, vollständigen Sakrumfraktur, Iliumfraktur oder iliosakraler Verletzung (FFP Typ IIc)“ [23].

Trotz einer prolongierten Immobilisation kann auch hier ein konservatives Vorgehen angestrebt werden. Jedoch schließt ein konservativer Therapieansatz die Indikation zur sekundär operativen Versorgung nicht aus. Leiden die Patienten an einer persistenten oder gar prolongierten Schmerzsymptomatik, muss neben radiologischen Verlaufskontrollen ebenso die operative Therapie in Erwägung gezogen werden. Zur Stabilisierung des hinteren Beckenringes werden dafür in der Regel perkutane SI-Schrauben verwendet. Eine osteosynthetische Versorgung des vorderen Beckenringes ist zumeist nicht notwendig [2].

Frakturtyp FFP III

FFP III Frakturen sind deutlich dislozierte Verletzungen des hinteren Beckenringes in Verbindung mit Frakturen des vorderen Beckenringes. Hier ist eine operative Versorgung empfohlen. Ob eine perkutane Verschraubung oder ggf. auch eine offene Reposition notwendig ist, hängt vom Frakturcharakter ab.

Frakturtyp FFP IV

Frakturen vom Typ FFP IV entsprechen bilateralen dislozierten Frakturen des hinteren Beckenringes und nach Rommens besteht hier eine definitive OP-Indikation.

1.9 Operative Versorgung

Zur operativen Versorgung gibt es verschiedene Verfahrensmöglichkeiten, um den Beckenring zu stabilisieren. Die gängigsten sollen folgend vorgestellt werden.

Zur Stabilisierung des hinteren Beckenringes (Kompressionsfrakturen des Sacrums, SI-Zerreißung, transforaminelle Sacrumfrakturen) stehen einem in Rückenlage die ventrale SI-Verplattung und SI-Verschraubung und in Bauchlage die transiliakale Verplattung, Sakralstäbe, dorsale Sacrumverplattung, SI- Verschraubung, spinopelvine Stabilisation zur Verfügung. Biomechanisch konnte in Studien gezeigt werden, dass je nach Indikationsstellung und bei operativ korrekter Versorgung, alle eine adäquate Stabilisierung gewährleisten [81-85].

1.9.1 Perkutane und transiliakale Verschraubung

Dieses Verfahren kann offen wie auch perkutan durchgeführt werden und setzt ein hohes chirurgisches Geschick voraus [86]. Ebenso ist vor allem bei transforaminellen Frakturen die Gefahr der sekundären Dislokation nicht zu unterschätzen, so fehlt hier die kortikale Fixierung medial der Fraktur [87, 88]. Weitere Schwierigkeiten stellen die Gefahr der unzureichenden Reposition bei minimal-invasiver Technik wie auch iatrogen herbeigeführte Nerven- und Gefäßschäden (0-8%) dar [89]. Zur Vermeidung einer Schraubenfehlage, welche die hauptsächliche Komplikation mit 3-17% darstellt [89], ist eine intraoperative Bildgebung obligat. Diese kann nativ radiologisch wie auch CT-geführt erfolgen, je nachdem welches Verfahren das jeweilig versorgende Haus bietet. Von Vorteil und großer Gewichtung, sind der geringe Blutverlust, kurze OP-Zeiten [90], wie auch eine niedrige Rate an Weichteilinfektion bzw. -komplifikationen. Für dieses Verfahren kommen kanülierte Schrauben mit Teil- oder Vollgewinde in den Einsatz. Diese werden auf Höhe des ersten Sakralwirbels und bei Bedarf mit einer zweiten Schraube auf Höhe des zweiten Sakralwirbels unter BV-Kontrolle eingebracht. Da es u.a. bedingt durch Osteoporose zu einer sekundären Schraubenlockerung kommen kann, ist eine Zementaugmentation anzudenken [91]. Diese sollte zur Vermeidung von Zementleckagen jedoch langsam erfolgen [2]. Besteht eine bilaterale Instabilität, können beide Seiten zugleich versorgt werden. Bedingt durch eine im

Verlauf zu erwartende kontralaterale Instabilität, entscheidet sich der Operateur erfahrungsgemäß nicht selten bereits auch bei einer unilateralen Instabilität für eine bilaterale Stabilisierung.

Bei FFP IIa Frakturen werden alternativ Sakroplastien in Erwägung gezogen und instabile FFP IIIa Frakturen werden mittels einer Plattenosteosynthese versorgt.



Abbildung 13: 78-jähriger Patient; Becken-C Fraktur, Symphysensprengung, Sacrumfraktur mit percutaner SI-Verschraubung und Plattenosteosynthese im Bereich der Symphyse.

1.92 Transiliakale Plattenosteosynthese

Die transiliakale Plattenosteosynthese findet Anwendung bei reinen SI-Zerreißen, SI-Luxationsfrakturen und transforaminelle Sacrumfrakturen und bietet somit nicht nur für traumatische Frakturen, sondern auch für Fragilitätsfrakturen ein breites Spektrum zur operativen Versorgung. Zu den Kontraindikationen zählen u.a. transiliakale Instabilitäten [19].

1.93 Sakralstäbe

Eine weitere Möglichkeit zur Stabilisierung des hinteren Beckenringes bieten die Sakralstäbe. Harrington beschrieb diese Möglichkeit bereits als Überbrückung des hinteren Beckenringes zur Stabilisierung von Sacrumfrakturen. Sie stabilisieren den hinteren Beckenring durch Gewindestäbe [87, 92-94]. Nachteilig kann u.a. jedoch die erhöhte Kompression, welche auf die laterale Kortikalis einwirkt, sein. Damit sind Risiken wie das Durchbrechen der Mutter in den Knochen und ein damit assoziierter

Stabilitätsverlust erhöht. Auch die lang aufzubohrende Strecke, provoziert die Gefahr der „Fehllage“ und Verletzungen von umliegenden Strukturen.

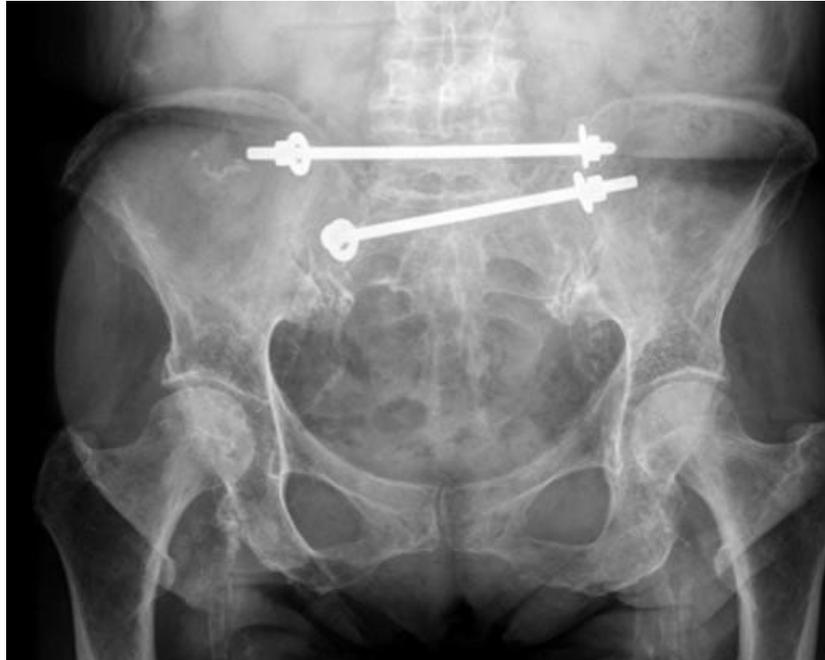


Abbildung 14: 77-jährige Patientin, mit initial Fract. massa lat. utriusque ossis sacri (Insuffizienzfraktur) mit eingebrachten Sakralstäben

1.94 Lumbopelvine Stabilisierung

Liegt eine Typ III oder Typ IV Fraktur vor, handelt es sich um eine ausgeprägte uni- oder bilaterale Instabilität, welche nach Rommens einer lumbopelvinen Fixation bedarf. Im Falle einer multiplanaren Instabilität kann ebenso auf eine zusätzliche iliosacrale Schraubenosteosynthese zurückgegriffen werden um eine horizontale wie auch vertikale Stabilität zu gewährleisten.

Speziell bei H- oder U-Frakturen, bei welcher mindestens die Sakralwirbel 1 und 2 vom restlichen Sacrum getrennt sind, liegt eine damit assoziierte komplette Instabilität vor. Dies indiziert eine spinopelvine Stabilisation. Bei diesem Verfahren werden wie bei anderen dorsalen Instrumentierungen Pedikelschrauben in die untere LWS und den Beckenkamm implantiert und auch hier verbinden Titanstäbe das Schraubensystem.



Abbildung 15 Patient, hintere und vordere Beckenringfraktur, mit SI-Verschraubung bds. Und dorsaler Instrumentierung – zur Darstellung des Osteosyntheseverfahrens

1.10 Komplikation und Prognose des Beckentraumas

Das ältere Patientenkollektiv bringt, bedingt durch Komorbiditäten und eine in der Regel geringe Reserve (Immunsystem, silent inflammation, udgl.) im Gegensatz zu jüngeren Patienten, einen anderen Heilungsverlauf mit sich. Betrachtet man die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus so beträgt der Wert 9,3 bis 45 Tage [3, 4]. Die 1-Jahres-Mortalitätsrate liegt zwischen 9,5 % und 27 % [3, 75, 95]. Gründe dafür sind nach lt. Literatur unter anderem Lungenembolien, Pneumonien und andere „Begleiterkrankungen“ welche bedingt durch eine rasantere AZ-Verschlechterung im Gegensatz zu jungen Patienten häufiger auftreten können.

Um diesem vorzubeugen, sollte die schnelle Schmerzreduktion an erster Stelle stehen, um eine frühe Mobilisierung zu gewährleisten. Ist ein konservatives Vorgehen indiziert, wie mindestens bei FFP-Typ I und II Frakturen, wird von einem Rückgang der Schmerzen innerhalb von 2 Wochen gerechnet. Das Wiedererlangen der Mobilität wird nach ca. 6 Wochen erreicht. Müssen Patienten operativ versorgt werden, was nach Rommens bei teils auch Typ II Frakturen aber zumindest bei FFP Typ III und IV der Fall ist, kommt es unabhängig von postoperativen Schmerzen zu einer sehr zügigen Schmerzreduktion. Die Wiederherstellung der vollen Mobilität kann bis zu 3 Monate dauern [74].

Das Auftreten von frakturassoziierten Komplikationen und Komplikationen, welche mit dem jeweiligen Therapiekonzept in Verbindung stehen, werden in der Literatur selbst bei einem guten Therapieverlauf als sehr hoch angegeben. Maier et al. erhoben an 93 Patienten bei konservativem Vorgehen hohe Komplikationsraten von 58%, wobei die Hauptkomplikationen mit 61% Harnwegsinfekte und mit 29% Pneumonien darstellten. Der Verlust der Selbstständigkeit im Alltag stieg ebenso immens an. Er beschrieb, dass 77% der Patienten vor dem „Trauma“ selbstständig den Alltag bewerkstelligt haben, während 66% im Anschluss einer erlittenen Fraktur auf Hilfe angewiesen waren [75]. Ähnliche Zahlen veröffentlichten Breuil et al. Ihre Statistik errechnete in einer Nachbeobachtung von 29 Monaten eine deutliche Verschlechterung der Selbstständigkeit bei ca. 50% [7]. Taillandier et al. konnten bei 22 von 56 Patienten eine deutliche Reduktion der Selbstständigkeit darlegen [96].

Zu bedenken ist ebenso das Risiko einer sekundären Dislokation, Pseudarthrosen wie auch ein prolongierter Frakturverlauf („Übergangsfrakturen“) mit einer sich entwickelnden Änderung im Klassifikationssystem. Somit kann aus einem primär konservativ geplanten Vorgehen auch sekundär die Indikation zur operativen Versorgung indiziert sein.

Wird ein operatives Management, aufgrund der befundeten Ausgangslage beschlossen, klärt man über Risiken wie Blutung, und Nachblutungen mit relevantem

Hb-Abfall, Infektionen und Wundheilungsstörungen, Thrombosen und Lungenembolien, Multiorganversagen, Insuffizienz der Osteosynthese, Pseudarthrosen wie auch über Verletzungen von Nerven und umliegenden Strukturen auf, und es gilt detailliert Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen und dem Patienten aufzuzeigen.

Führt man sich vor Augen, dass die schnell zu erreichende Mobilisierung oberste Priorität hat und einem bei gewissen Frakturtypen auch „minimal-invasive“ Vorgehensweisen zur Verfügung stehen, kann man die Studie von Hopf et al. anführen. Hopf untersuchte in einer retrospektiven Studie 30 Patienten, welche primär konservativ und erst im Verlauf (nach 6 Tagen) operativ behandelt worden sind. Während des konservativen Vorgehens zeigte sich stets eine bestehende Schmerzsituation mit einem angegebenen VAS von mindestens 6. Nach erfolgter perkutaner iliosacraler Verschraubung konnte eine Schmerzreduktion auf einen VAS Wert von 1,8 beobachtet werden. Ebenso erlangten 22 der 30 untersuchten Patienten die Mobilität zurück, welche prätraumatisch bestanden hat.

Unabhängig vom Frakturtyp oder Alter des Patienten kann man festhalten, je umfangreicher der operative Eingriff desto höher das Risiko für schwere Komplikationen. Bezogen auf das Therapiemanagement von Fragilitätsfrakturen nach der Rommens-Klassifikation gibt die Literatur, nach bestem Gewissen des Autors,

noch keinen Aufschluss über prospektiven Daten, welche die verschiedenen Osteosyntheseverfahren, bezogen auf das Outcome inkl. postoperativer Komplikationen, untersuchen.

2 Material und Methode

2.1 Studienziel

Kern der weiteren Arbeit soll die Vorstellung der Inter- und Intraobserverreliabilität der FFP-Klassifikation, basierend auf einer Auswertung stattgehabter Becken-CTs geriatrischer Patienten mit Fragilitätsfrakturen [97], sein. Es wurde die Reliabilität überprüft und im Zuge dessen mögliche Verbesserungsvorschläge zur Klassifikation in der klinischen Anwendung überlegt. Dafür wird folgend die, *sich noch in der Entwicklung befindende*, modifizierte Klassifikation „ANC“ vorgestellt. *(Zwischenzeitlich in modifizierter Form veröffentlicht und angegeben unter [98])*. Sie entspricht einer alphanumerischen Klassifikation und ist damit für Unfallchirurgen und Orthopäden einfach anwendbar. Diese Klassifikation bezieht sich vor allem auf die Einteilung von Subgruppen und soll Diskussionsgrundlage für die Klassifikationssysteme von Fragilitätsfrakturen des Beckenringes bieten [98].

Weiter sollen verschiedene Aspekte von Beckenringverletzungen im Alter betrachtet werden.

Unter Beachtung der bereits in der Einleitung vorgestellten Informationen wird folgend auf die Ergebnisse der retrospektiven Studie eingegangen. Dabei werden zum einen

die Ergebnisse der Untersuchung bezugnehmend auf die FFP-Klassifikation vorgestellt und diese den Ergebnissen bezugnehmend auf die ANC gegenübergestellt.

2.2 Studienpopulation

Eingeschlossen wurden traumatologische/unfallchirurgische PatientInnen an den Standorten Campus Großhadern der LMU München und der Klinik für Traumatologie Innsbruck.

Einschlusskriterien waren osteoporotische Insuffizienzfrakturen des Beckenringes nach einem niederenergetischen Trauma oder ohne Trauma, ein Patientenalter von > 70 Jahre, eine stattgehabte CT-Abklärung sowie eine unfallchirurgische Behandlung in den letzten 7 Jahren (CTs aus den Jahren 2012-2017).

Ausschlusskriterien waren Beckenringverletzungen nach einem hochenergetischen Trauma, ein Alter <70 Jahre, osteolytische Beckenläsionen, Tumore, Metastasen und Metallimplantate im Bereich des Beckenringes. Patienten mit Implantaten in der Lendenwirbelsäule und dem proximalen Femur wurden nicht ausgeschlossen.

2.3 Studiendesign

Es wurden CTs von Patienten mit Fragilitätsfrakturen des Beckenringes erfasst und anhand der FFP-Klassifikation (Studie 1) wie auch der ANC (Studie 2) durch 4 Observer (junger Assistent, Facharzt, Beckenchirurg, Radiologe) an zwei

Klinikstandorten der Maximalversorgung (LMU München, Deutschland und Universitätsklinik für Unfallchirurgie Innsbruck, Österreich) ausgewertet. Anschließend erfolgt die Analyse unter Betrachtung der Intra- und Interobserverreliabilität.

Hierfür wurden die CTs (gleiche CTs in jeweils beiden Studien) in einem Abstand von 4-6 Wochen 2-malig durch die 4 Observer und unter Berücksichtigung der Ein-/Ausschlusskriterien ausgewertet und die Intra- und Interobserverreliabilität mittels dem Cohens-Kappa-Koeffizienten bestimmt.

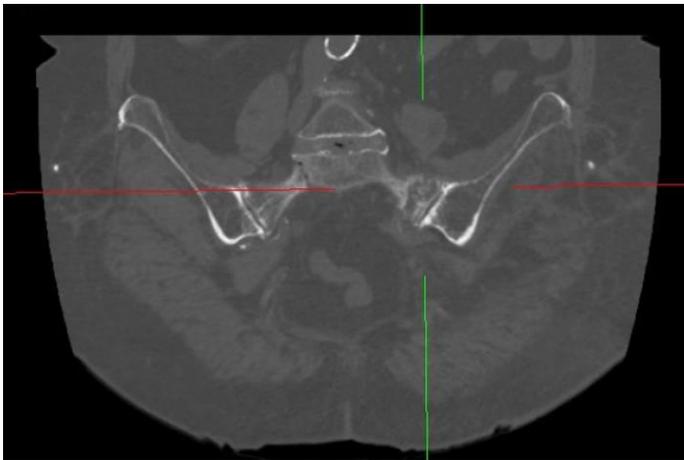
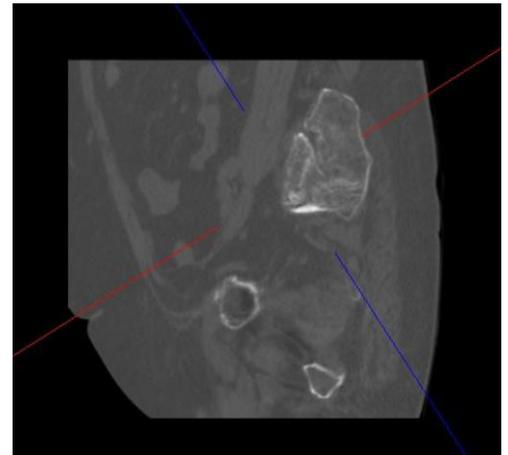
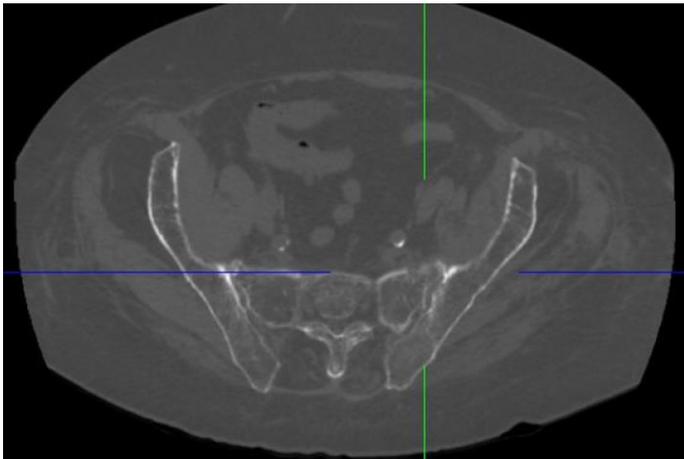
2.4 Individueller Studienablauf (Studie 1 und 2)

Alle CT-Scans wurden während der klinischen Behandlung von Patienten durchgeführt, welche bedingt durch persistente Beschwerden im Bereich des Beckens, vorstellig wurden. Die Behandlung ist bei allen Patienten bereits vor Beginn dieser Studie beendet worden. Kein Patient erhielt eine zusätzliche Strahlenbelastung. Es gab keinen erneuten Patientenkontakt wodurch dem Patienten kein Aufwand oder Eingriff in die Privatsphäre entstanden ist. Die Analyse der CTs erfolgte mittels anonymisierter Daten.

Die Studie wurde vom Institutional Review Board (Innsbruck) und seitens der Ethikkommission München (Projekt-Nr: 18-518) genehmigt.

Die Frakturen wurden nach der FFP-Klassifikation von Rommens und der ANC klassifiziert und analysiert. Mittels eines multiplanaren Rekonstruktionstools (IMPAX EE, Agfa Healthcare) konnten die Observer den knöchernen Beckenring in allen Ebenen rekonstruieren. Die Frakturen wurden im Rahmen der Rekonstruktion von den Observern klassifiziert und die Inter- sowie Intraobserver-Reliabilität ausgewertet.

Dafür war es notwendig, dass sich die Beobachter in einem unterschiedlichen Ausbildungsstand befinden bzw. unterschiedliche Erfahrungswerte besitzen. Es gab einen Unfallchirurgen/Orthopäden im 3. Ausbildungsjahr zum Facharzt, einen orthopädischen Unfallchirurgen in seinem ersten Jahr als Facharzt, einen orthopädischen Unfallchirurgen spezialisiert auf dem Gebiet der Beckenoperation mit mehrjähriger Erfahrung, und einen Facharzt für Radiologie. Die Frakturklassifikation des erfahrenen Beckenchirurgen wurde zur Beschreibung des Patientenkollektivs und als Referenz für die Subgruppenanalyse herangezogen. Ebenso wurde 4-6 Wochen nach der ersten Analyse eine zweite Auswertung durch dieselben Beobachter durchgeführt, um die Intraobserver-Zuverlässigkeit zu bewerten.



**Abbildung 16: Multiplanare Rekonstruktion Becken-CT, Frakturrekonstruktion mittels Fadenkreuz;
Patient, 84 Jahre, Fract ossis sacri sin.**

2.5 Statistik (Studie 1 und 2)

Für die statistische Analyse wurde IBM SPSS Version 24.0 (Chicago, IL, USA) verwendet. Metrisch skalierte Daten wurden als arithmetischer Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. Kategoriale Daten wurden als absolute Häufigkeiten

und relative Verteilung angegeben. Für die Analyse der kategorialen Daten wurde der Fisher-Exact-Test verwendet, bei welchem ein p-Wert von $<0,005$ als signifikant gewertet worden ist. Um die Intraobserverreliabilität zu ermitteln, wurde der Cohens Kappa-Koeffizient errechnet.

„Der Kappa-Koeffizient nach Cohen ist ein Maß für die Übereinstimmung zweier verbundener kategorialer Stichproben. Dabei kann es sich um die zweifache Bewertung eines Beurteilers handeln oder um die jeweils einfache Bewertung zweier verschiedener Beurteiler. Kappa quantifiziert in beiden Fällen den Grad der Übereinstimmung. Bei der Bewertung durch zwei Beurteiler misst Kappa (κ) die Interraterreliabilität bei der wiederholten Bewertung eines Beurteilers misst Kappa (κ) die Intraraterreliabilität.“ [99].

Das Bewertungssystem von Landis und Koch wird häufig für die Interpretation von Kappa-Werten verwendet. Kappa-Werte zwischen 0,01 und 0,20 werden als "leichte Übereinstimmung", Werte zwischen 0,21 und 0,40 als "ausgeglichene Übereinstimmung", Werte zwischen 0,41 und 0,60 als "mäßige Übereinstimmung", Werte zwischen 0,61 und 0,80 als "wesentliche Übereinstimmung" und Werte $> 0,81$ interpretiert als "(fast) perfekte Übereinstimmung“.

2.6 Ergebnisse (Studie 1)

Mit dem Verweis auf die zwischenzeitlich erfolgten Veröffentlichungen und Erläuterungen – angegeben unter [97, 98].

Für die Studie und Auswertung wurden insgesamt 100 CTs (CTs von 86 Frauen und 12 Männern) mit einem Durchschnittsalter von 83,6 (70,1 - 97,4) Jahren analysiert. Dabei erhielten 2 weibliche Patienten eine CT-Diagnostik am Tag des Traumas, sowie im Verlauf als Kontrolle bei persistenter Schmerzsymptomatik (nach 42 bzw. 77 Tagen). Insgesamt wurden 70 von 100 CT-Scans in den ersten drei Tagen posttraumatisch, 9 CT-Scans zwischen dem 4. und 14. Tag und 14 CT-Scans erst nach mehr als 14 Tagen posttraumatisch durchgeführt. Bei 7 Patienten konnte kein Trauma eruiert werden.

Aus dieser Studie geht hervor, dass sich die Ergebnisse, mit denen aus der Studie von Rommens vergleichen lassen. Die Frakturtypen, welche gehäuft auftreten, entsprechen Ia-, IIb-, IIc- und IVb-Frakturen. Bei Patienten ohne oder mit nicht dislozierten Verletzungen des hinteren Beckenrings (Typ I und II) wurden 85,9% aller CT-Scans (73/85 von insg. 100) innerhalb von 14 Tagen nach stattgehabtem Trauma durchgeführt. Bei Patienten mit bestehender Dislokation im Bereich des hinteren Beckenringes (Typ III und IV) erfolgte die CT-Diagnostik in 40% (6/15) der Fälle innerhalb der ersten 14 Tage posttraumatisch.

Am Ende zeigten sich in 79 Fällen Läsionen mit einer Beteiligung des hinteren Beckenrings (57 CT-Scans mit einseitigen posterioren Läsionen, 22 CT-Scans mit bilateralen posterioren Läsionen). Die Mehrheit der Frakturen mit hinterer Beteiligung traten im Bereich der sacralen Ala auf (93/100). In 21 Fällen konnten keine posterioren Läsionen befundet werden.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Auswertung bezüglich der Intra- und Interobserver-Zuverlässigkeitsanalyse für alle Patienten dargestellt. Es zeigt sich eine signifikante Intraobserver-Übereinstimmung mit Kappa-Werten zwischen 0,68 und 0,72 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 77% (76% bis 78%). Schlechter fiel die Interobserver-Reliabilität mit Kappa-Werte zwischen 0,42 und 0,59 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 61% (54% zu 68%) aus. Dabei gab es keine Wechselbeziehung zwischen der Reliabilität und der Expertise der Observer.

	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)		Facharzt (Consultant)		Junger Assistenzarzt (Resident)		Radiologe (Radiologist)	
	Agreement (%)	Kappa	Agreement (%)	Kappa	Agreement (%)	Kappa	Agreement (%)	Kappa
Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)	76%	0.68	62%	0.50	57%	0.45	64%	0.51
Facharzt (Consultant)	62%	0.50	77%	0.70	68%	0.59	61%	0.49
Junger Assistenzarzt (Resident)	57%	0.45	68%	0.59	78%	0.72	54%	0.42
Radiologe (Radiologist)	64%	0.51	61%	0.49	54%	0.42	77%	0.70

Tabelle 1: Gesamtzuverlässigkeit der Inter- und Intraobserver (grau) Reliabilität (n = 100 Fälle) (prozentuale Übereinstimmung und Kappa-Koeffizienten). Die Werte beider Analysen wurden zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Interobserverreliabilität mit einbezogen. [97]

In Tabelle 2 werden die Ergebnisse der Analyse der Intra- und Interobserver-Reliabilität - bezogen auf 61 Fälle, welche nach Einschätzung des Beckenchirurgen Typ IIb oder IIc Frakturen entsprechen - dargestellt. Hier soll in der Subgruppenanalyse die Reliabilität für die nicht-dislozierten Läsionen des hinteren Beckenringes, unabhängig ob vollständig oder nicht-vollständig, betrachtet werden. Das Ergebnis zeigte ähnliche Intraobserver- und Interobserver-Reliabilität der gesamten Studiengruppe. Es resultierten eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 75,5% (74% bis 77%) wie auch Kappa-Werte zwischen 0,62 und 0,67. Die Interobserver-Reliabilität fiel mit einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 57% (50% bis 67%) im Vergleich zur Interobserver-Reliabilität der gesamten Studiengruppe niedriger aus.

	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)		Facharzt (Consultant)		Junger Assistenzarzt (Resident)		Radiologe (Radiologist)	
	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)	77%	0.66	55%	0.26	50%	0.20	67%
Facharzt (Consultant)	55%	0.26	74%	0.62	61%	0.44	59%	0.35
Junger Assistenzarzt (Resident)	50%	0.20	61%	0.44	74%	0.62	50%	0.25
Radiologe (Radiologist)	67%	0.35	59%	0.35	50%	0.25	77%	0.67

Tabelle 2: Zuverlässigkeit der Inter- und Intraobserver (grau) Reliabilität für FFP IIb- und FFP IIc-Verletzungen (n = 61 Fälle) (prozentuale Übereinstimmung und Kappa-Koeffizienten). Die Werte beider Analysen wurden zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Interobserverreliabilität mit einbezogen. [97]

Tabelle 3 präsentiert die Ergebnisse der Intra- und Interobserver-Reliabilitätsanalyse für die 32 Fälle, welche vom Chirurgen als Typ IIc, Typ IIIc und Typ IVb klassifiziert worden sind. Damit soll in dieser Subgruppenanalyse die Reliabilität der Klassifikation für nicht-dislozierte und dislozierte posteriore Läsionen bewertet werden. Hier ergab sich eine deutlich niedrigere Intraobserver-Reliabilität mit einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 66,25% (56-78%) und Kappa-Werten zwischen 0,29 und 0,66 im Vergleich zur Intraobserver-Reliabilität für die komplette Studiengruppe wie auch den Vergleich von Typ-IIb- und Typ-IIc-Verletzungen. Auch die Die Interobserver-Reliabilität zeigte sich auffallend geringer als die Interobserver-Reliabilität für die gesamte Studiengruppe und die Auswertung von Typ-IIb- und Typ-IIc-Verletzungen. Hier zeigten sich eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 49,5% (39% bis 68%) und Kappa-Werte zwischen 0,10 und 0,52.

	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)		Facharzt (Consultant)		Junger Assistenzarzt (Resident)		Radiologe (Radiologist)	
	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)	59%	0.29	51%	0.25	53%	0.26	39%
Facharzt (Consultant)	51%	0.25	78%	0.66	68%	0.52	39%	0.13
Junger Assistenzarzt (Resident)	53%	0.26	68%	0.52	72%	0.58	47%	0.19
Radiologe (Radiologist)	39%	0.10	39%	0.13	47%	0.19	56%	0.28

Tabelle 3: Zuverlässigkeit der Inter- und Intraobserverreliabilität (grau) für FFP IIc, IIIc und IVb (n = 32 Fälle) (prozentuale Übereinstimmung und Kappa-Koeffizienten). Die Werte beider Analysen wurden zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Interobserverreliabilität mit einbezogen. [97]

2.7 Ergebnisse (Studie 2)

Mit dem Verweis auf die zwischenzeitlich erfolgten Veröffentlichungen und Erläuterungen – angegeben unter [97, 98].

Wie auch in Studie 1 sind hier 86 Frauen und 12 Männer mit einem Durchschnittsalter von 83,6 Jahren in die Studie eingeschlossen worden. (98 Patienten, 2 Patienten erhielten 2 CTs - gleiche CTs wie in Studie 1)

In 70% aller Frakturen zeigten sich A, C1.1 und C1.2 Frakturen. Diese Frakturen treten zumeist in der akuten Phase nach Stürzen aus niedriger Höhe bei geriatrischen Patienten auf. Dementsprechend wurden 90% (63/70) dieser CT-Scans innerhalb von zwei Wochen nach dem Trauma durchgeführt. Am zweit häufigsten traten B3.22, C3.21 und C3.22 auf. Diese Frakturen entwickeln sich innerhalb von mehreren Wochen nach Trauma oder sind traumatisch bedingt und durch eine persistente bzw. progrediente Schmerzsymptomatik aufgefallen (Übergangsfrakturen). Somit wurden 67% (10/15) der CT-Scans erst nach mehr als 2 Wochen nach einem vermeintlich stattgehabten „Trauma“ oder bei einer atraumatischen Anamnese durchgeführt [98].

In 79 von 100 CT-Scans zeigte sich mindestens eine Läsion des hinteren Beckenringes, während bei 21 CT-Scans (Typ A) keine solche Läsion gefunden worden ist. Im Weiteren wurden auch in diesem Durchlauf 57 unilateral und 22 bilaterale Läsionen des hinteren Beckenringes verifiziert [98].

Tabelle 4 zeigt die Auswertung der Intra- und Interobserver-Reliabilitätsanalyse der alphanumerischen Klassifikation bezogen auf die Gesamtanzahl. In der Analyse zeigt sich eine hohe Intraobserver-Übereinstimmung mit Kappa-Werten zwischen 0,60 und 0,71 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 70% (67% bis 76%). Die Interobserver-Reliabilität war um einiges niedriger mit Kappa-Werten zwischen 0,42 und 0,52, was einer moderaten Übereinstimmung entspricht und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 57% (52% bis 61%) ergibt [98].

	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)		Facharzt (Consultant)		Junger Assistenzarzt (Resident)		Radiologe (Radiologist)	
Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)	70%	0.62	61%	0.52	55.5%	0.46	59.5%	0.49
Facharzt (Consultant)	61%	0.52	76%	0.71	59%	0.41	55.5%	0.44
Junger Assistenzarzt (Resident)	55.5%	0.46	59%	0.41	67%	0.60	52%	0.42
Radiologe (Radiologist)	59.5%	0.49	55.5%	0.44	52%	0.42	67%	0.60

Tabelle 4: Zuverlässigkeit der Inter- und Intraobserverreliabilität (grau): prozentuale Übereinstimmung und Kappa-Koeffizienten. Werte aus beiden Analysen wurden für die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Interobserverreliabilität mit einbezogen. [98]

Die Ergebnisse der Intra- und Interobserver-Reliabilitätsanalyse zur Beurteilung der Frakturtypen werden in Tabelle 5 dargestellt. Es zeigte sich eine nahezu perfekte Intraobserver-Übereinstimmung mit Kappa-Werten zwischen 0,74 und 0,86 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 90,75% (88% bis 94%). Die Interobserver-Reliabilität war jedoch etwas niedriger mit Kappa-Werten zwischen 0,67 und 0,74, was jedoch noch immer auf eine wesentliche Übereinstimmung hindeutet. Die durchschnittliche Interobserverreliabilität betrug 86% (84,5% bis 89,5%) [98].

	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)		Consultant		Facharzt (Consultant)		Radiologe (Radiologist)	
Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)	90%	0.81	84.5%	0.67	85%	0.68	84.5%	0.68
Facharzt (Consultant)	84.5%	0.67	91%	0.77	89.5%	0.74	86%	0.68
Junger Assistenzarzt (Resident)	85%	0.68	89.5%	0.74	94%	0.86	86.5%	0.69
Radiologe (Radiologist)	84.5%	0.68	86%	0.68	86.5%	0.69	88%	0.74

Tabelle 5: Zuverlässigkeit der Inter- und Intraobserverreliabilität (grau) für die Beurteilung der Frakturtypen A-C: prozentuale Übereinstimmung und Kappa-Koeffizienten. Werte aus beiden

Analysen wurden für die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Interobserverreliabilität mit einbezogen. [98]

In Tabelle 6 werden die Ergebnisse der Analyse der Intra- und Interobserver-Reliabilität zur Beurteilung von Frakturgruppen dargestellt. Die Intraobserver-Reliabilität war mit Kappa-Werten zwischen 0,76 und 0,95 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 91,25% (88% bis 98%) außerordentlich hoch. Die Zuverlässigkeit der Inter-Observer-Auswertung zeigte sich mit Kappa-Werten zwischen 0,64 und 0,83 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 86,3% (83% bis 92%) niedriger, doch ebenso stark [98].

	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)		Facharzt (Consultant)		Junger Assistenzarzt (Resident)		Radiologe (Radiologist)	
	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)	89%	0.76	92%	0.83	85.5 %	0.69	87.5%
Facharzt (Consultant)	92%	0.83	98%	0.95	85.5 %	0.70	84.5%	0.66
Junger Assistenzarzt (Resident)	85.5 %	0.69	85.5 %	0.70	88%	0.76	83%	0.64
Radiologe (Radiologist)	87.5 %	0.71	84.5 %	0.66	83%	0.64	90%	0.77

Tabelle 6: Zuverlässigkeit der Inter- und Intraobserverreliabilität (grau) für die Beurteilung von Frakturgruppen (1-3): prozentuale Übereinstimmung und Kappa-Koeffizienten. Werte aus beiden Analysen wurden für die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Interobserverreliabilität mit einbezogen. [98]

In Tabelle 7 werden die Ergebnisse der Analyse der Intra- und Interobserver-Reliabilität zur Beurteilung von Fraktursubgruppen dargestellt. Die Intraobserver-Reliabilität zeigte sich mit Kappa-Werten zwischen 0,58 und 0,77 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 75% (69% bis 83%). Die Zuverlässigkeit der Interobserver-Auswertung zeigte sich mit Kappa-Werten zwischen 0,40 und 0,60 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 65,2% (56,5% bis 72,5%) deutlich niedriger [98].

	Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)		Facharzt (Consultant)		Junger Assistenzarzt (Resident)		Radiologe (Radiologist)	
Beckenchirurg (Pelvic Surgeon)	74%	0.64	70.5%	0.60	62.5%	0.49	72.5%	0.60
Facharzt (Consultant)	70.5%	0.60	83%	0.77	67%	0.55	62%	0.49
Junger Assistenzarzt (Resident)	62.5%	0.49	67%	0.55	69%	0.58	56.5%	0.40
Radiologe (Radiologist)	72.5%	0.60	62%	0.49	56.5%	0.40	74%	0.61

Tabelle 7: Zuverlässigkeit der Inter- und Intraobserverreliabilität (grau) für die Beurteilung von Fraktursubgruppen (1-3): prozentuale Übereinstimmung und Kappa-Koeffizienten. Werte aus beiden Analysen wurden für die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Interobserverreliabilität miteinbezogen. [98]

3 Diskussion

An dieser Stelle verweise ich erneut auf die, während des Promotionsverfahrens erfolgten Veröffentlichungen, mit im Zuge dessen veröffentlichten Ergebnissen und Ideen, welche in dieser Dissertationsarbeit ebenso formuliert sind. Bei diesen Publikationen aus Innsbruck [97, 98] und München [97] bin ich als CoAutorin gelistet.

3.1 Einleitung

Auf Grund des zunehmend höheren Alters der Patienten und dem stetig steigenden Anspruch an den Erhalt der Lebensqualität, ist ein Umdenken oder viel mehr die Anpassung bei der Erstellung eines individuellen Therapiekonzeptes notwendig.

Die meisten Klassifikationssysteme für Beckenringverletzungen sind für jüngere Patienten nach Hochrasanz-Traumata entwickelt worden. Diese erweisen sich in der Anwendung auf Fragilitätsfrakturen älterer Patienten als ungeeignet [10, 12, 16]. Ein Beispiel dafür ist, dass Brüche und Bandzerreißen im Bereich der Symphyse oder des Iliosacralgelenkes zumeist im Rahmen von hochenergetischen Krafteinwirkungen auftreten, nicht jedoch im Rahmen von osteoporotischen Frakturen. Daraus resultiert, nicht zuletzt bedingt durch demografische Verschiebungen, dass geeignete Klassifikationssysteme, welche speziell bei Verletzungen des älteren Patienten Anwendung finden, notwendig sind.

Rommens und Hofmann entwickelten ein Klassifikationssystem, welches für den vorderen und den hinteren Beckenring Anwendung findet. Dieses Klassifikationssystem war, nach bestem Wissen des Autors, bisher die einzige Klassifikationsmöglichkeit für den gesamten Beckenring des geriatrischen Patienten und wurde als FFP-Klassifikation 2013 veröffentlicht [12]. Bei dieser Klassifikation konnten diverse Schwächen und etwaige Fehlerquellen in der Anwendung festgestellt werden. Das Hauptaugenmerk wird in der FFP-Klassifikation vor allem auf den hinteren Beckenring gelegt. Auch aus der, dieser Dissertationsschrift zu Grunde liegenden Studien geht eindeutig hervor, dass 92% aller Läsionen des hinteren Beckenringes im Bereich der sacralen Ala auftraten [97, 98]. Sie bestätigt damit die Ergebnisse von Linstrom [58]. Dieser beschreibt für Frakturen des Sakrums eine nach biomechanischen Kriterien ausgerichtete Klassifikation [58, 97].

Bei Typ IIb-Frakturen und damit unverschobenen inkompletten Frakturen (ventrale Stauchung der sacralen Ala) wie auch bei Typ IIc-Frakturen, welche einer kompletten Fraktur der sacralen Ala (ventrale und dorsale Kortikalis) entsprechen, kommt es bei mangelnder bzw. fehlerhafter Befundung zu einem inadäquaten Therapieregime mit möglichen daraus resultierenden Spätfolgen. Die mangelbehaftete Befundung resultiert dabei zumeist aus nicht eindeutiger Bildgebung. [97, 98]

Dies spiegelt sich in den, bereits in der Literatur beschriebenen, A-B [16] und B-C [10] Problemen der Tile- und AO-Klassifikation zur Beurteilung von Fragilitätsfrakturen wider. Es kommt zu einer Fehlbeurteilung einer als Typ A klassifizierten Fraktur, obwohl es sich in Wahrheit um eine als Typ B zu klassifizierende Fraktur handelt. Dies gilt analog für das B-C Problem. Somit kommt es zu einer ungenauen Beurteilung des Ausmaßes etwaiger Instabilitäten [97].

Um dies zu adressieren beschrieben Rommens et al. die sogenannten „FFP-Übergangsfrakturen“ und etablierten damit einen Frakturtyp, der sich initial als gering instabil darstellt, sich jedoch im Verlauf zu einer hoch instabilen Fraktur entwickelt. (Vorwiegend initial Typ-II-Wandlung zu Typ III- und IV-Frakturen, bedingt durch inadäquate Therapie verbunden mit persistenter bzw. progredienter Schmerzanamnese über Wochen) [97].

Dies wird durch die Resultate unserer Studie ebenfalls unterstützt (In 60% der Fälle fanden wir Typ-III- und IV-Frakturen bei Patienten ohne Traumaanamnese/oder mit einer Zeitspanne von > 14 Tagen zw. Trauma und erfolgter CT-Diagnostik). Eine solche Variation in der Klassifikation von Frakturen im Verlauf ist für die Indikationsstellung zur konservativen vs. operativen Behandlung von osteoporotischen Beckenringverletzungen von großer Bedeutung [97, 98].

In Rommens und Hofmanns Arbeit, „Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: Recommendations for surgical treatment“, erklärten die Autoren, dass die Funktionalität eines Klassifikationssystems unter Beachtung der Verletzungsschwere zum einen auf der Einfachheit sowie auf einer zuverlässigen Inter- und Interobserverreliabilität basieren muss, um ein adäquates Behandlungsregime zu erstellen und ein gutes Outcome zu erreichen [12].

Bezugnehmend auf die FFP-Klassifikation werden diese fünf Aspekte nun weiter diskutiert und kritisch analysiert. Ebenso werden im Verlauf der weiteren Arbeit Verbesserungsvorschläge, durch die seitens der Arbeitsgruppe Krappinger et al. eigens erstellte Klassifikation, geboten.

3.2 Fünf Merkmale von Klassifikationsschemata

Vollständigkeit

Allgemein gilt, dass eine Frakturklassifikation alle möglich denkbaren Frakturtypen umfassen sollte/muss. Die FFP-Klassifikation erfasst mit ihren 4 Hauptfrakturarten/11 Subgruppen die Majorität aller Insuffizienzfrakturen des Beckenringes [58, 100]. Der Großteil der Insuffizienzfrakturen des Beckenringes sind bilaterale Frakturen des Sacrums im Sinne einer FFP-Typ-II-Verletzung (inkomplette Unterbrechung der Kortikalis + fehlende Beteiligung des vorderen Beckenringes). Diese Frakturverläufe sind mit der FFP Klassifikation nicht eindeutig zu klassifizieren. Eine weitere „Unvollständigkeit“ der FFP-Klassifikation stellt auch das Fehlen der Unterscheidung von uni- und bilateralen Verletzungen des hinteren Beckenringes dar (Typ IIb, Typ-IIc), sowie die Erfassung von Frakturverläufen (H-, U- und Y-Frakturen des Sacrums) dar [98].

Die ANC bietet eine deutlich umfangreichere Komplexität und damit auch ein höheres Maß der vollständigen Abdeckung aller Frakturverläufe inkl. etwaiger Kombination (insg. 31 mögliche Klassifikationsvarianten bei der ANC im Vergleich zu 11 Möglichkeiten bei der FFP-Klassifikation). Die Praktikabilität und schnelle Erlernbarkeit werden dadurch gewährleistet, dass die ANC in den Grundbausteinen, an die dem

Kliniker sehr geläufige AO-Klassifikation angelehnt ist (alphanummerischer Aufbau). Es wird eine zusätzliche und detaillierte Einteilung in Gruppen und Subgruppen, welche die „Hauptläsion“ weiter untergliedern, geboten. Zur Verdeutlichung sei ein weiteres Beispiel einer Klassifikation nach ANC erwähnt, welches so in der Klassifikation nach FFP nicht möglich wäre: bilaterale inkomplette Frakturen des Sacrums ohne vorhandene Beteiligung des vorderen Beckenringes: B2.11 und B3.11 Frakturen [98].

Einfachheit

Um im klinischen Alltag Fehlerquellen in der Klassifikation bei der Primärdiagnostik zu minimieren, sollte das Klassifikationssystem möglichst einfach und praktikabel sein. Dies ist eine Grundvoraussetzung, um Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit zu erreichen.

Die FFP-Klassifikation ermöglicht eine klare und einfache Abgrenzung von 4 Verletzungsarten. Die ANC erfüllt zudem ebenso eine strukturierte und simple Einteilung, welche auch dem unerfahrenen Kollegen eine korrekte Klassifizierung ermöglicht. Dies ist u.a. der Fall, weil die ANC dem gleichen Algorithmus wie die weit verbreitete AO-Klassifikation folgt und dementsprechend allgemein bekannt und geläufig ist. Läsionen werden strukturiert in eine Verletzung des vorderen, hinteren oder eine kombinierte Verletzung aufgeteilt. Weitere detaillierte Beschreibungen

erlauben zudem die Einteilung in Gruppen und Subgruppen. Ebenso bietet sie wenig Ansatzmöglichkeit für einen Interpretationsspielraum und damit Beurteilungsunsicherheiten [98].

Inter- und Intraobserver Zuverlässigkeit

Wie zuverlässig eine Klassifikation ist, wird durch die Intra- und Interobserver-Reliabilität beurteilt [33-35]. Durch Clustering von diversen Frakturcharakteren werden während des Klassifikationsvorganges Frakturtypengruppen gebildet. Größtenteils lassen sich die Frakturen eindeutig einer Gruppe bzw. einem Frakturtypen zuordnen. Im Falle einer nicht eindeutigen Zuordenbarkeit findet eine individuelle und damit subjektive Interpretation bzw. Befundung statt, wodurch Unstimmigkeiten unter den jeweiligen Observern oder auch beim selben Observer zu unterschiedlichen Klassifikationszeitpunkten entstehen können. Dies hat allgemein eine Verschlechterung der Intra- und Interobserverreliabilität zur Folge. Eine weitere Einflussgröße der Inter- und Intraobserverreliabilität ist die Expertise des Observers bzw. Behandlers in der Beurteilung der radiologischen Bildgebung. In diesem Fall der Begutachtung wie auch Erstellung einer CT-Rekonstruktion um z.B. eine Stauchungszone von einer kompletten Unterbrechung der ventralen wie dorsalen Kortikalis zu unterscheiden. Selbst bei einer korrekten Anwendung eines Klassifikationssystems kann es, bedingt durch das Nicht-Erkennen oder der falschen

Befundung der vorliegenden Bildgebung, zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Die oft im obigen Text beschriebene Problematik der Einstufung von Typ IIb-(ventro-sacrale Stauchungszone der Ala) und Typ IIc-Frakturen (nicht-dislozierte komplette sakrale Alafraktur), könnte durch diesen Umstand entstehen. Trotz der klaren Definitionen von inkompletten und kompletten Frakturen des Sacrums, stellt dies somit eine Herausforderung für die Befundung von CT-Scans dar [97, 98].

Da es sich bei dem Terminus der „Dislokation“ immer „nur“ um eine Verschiebung von bekannten und festgelegten anatomischen Strukturen handelt bleibt dies recht unzuverlässig mit einem hohem Interpretationsspielraum. Ein Grund warum die Inter- und Intraobserver-Reliabilität in der Beurteilung von nicht-dislozierten (Typ IIc) und dislozierten Frakturen (Typ IIIc und IVb) im Bereich des hinteren Beckenringes in unserer Studie deutlich niedriger war ist wohl darauf zurückzuführen, dass eine Spalt- und Stufenbildung im Bereich der Frakturzone dem zusätzlichen Dislokationskriterium bei Typ-IIIc Frakturen entspricht. Die Autoren waren sich dieser Unbestimmtheit wohl bewusst, als sie in ihrem Manuskript mehrmals den Begriff "komplett" anstatt von "disloziert" verwendet haben. Die genaue Betrachtung von „komplett“ vs. „disloziert“ und der zeitliche Abstand zwischen dem vermeintlichen Trauma und der durchgeführten CT-Diagnostik kann daher ein Fokus für mögliche zukünftige Revisionen der FFP-Klassifikation darstellen [97, 98].

Im Rahmen der Anwendung der ANC ergab sich kein nennenswerter Unterschied auf die Auswertung der Intra- und Interobserver-Reliabilitätsanalyse auf die Gesamtanzahl oder Frakturtypen bezogen. Damit bieten wohl beide Klassifikationssysteme vergleichbare Ergebnisse. Wie ausschlaggebend jedoch das „geübte“ Auge bei der Beurteilung der Bildgebung ist, wird durch das eher schlechtere Ergebnis, bezogen auf die Intra- und Interobserver-Reliabilitätsanalyse der Subgruppen, untermauert. Denn hier geht es um Feindiagnostik. Wie auch die Problematik zwischen „komplett“ vs. „disloziert“ liegen hier die unterschiedlichen Ergebnisse wohl am ehesten der Tatsache zu Grunde, dass Frakturen nicht immer klar erkannt werden, sondern Unregelmäßigkeiten/Verdichtungen im Bereich der Kortikalis unterschiedlich interpretiert werden. Allerdings verändern sich bei der ANC dann lediglich die Einteilungen im Bereich der Subgruppen und nicht die Bestimmung der Gruppe bzw. die der Typen [97, 98].

Beziehung zum Schweregrad der Verletzung

Die FFP-Klassifikation fußt auf der Annahme, dass der Grad der Instabilität des frakturierten Beckenringes entscheidend für die Klassifikation als solches ist. Typischerweise entspricht in Frakturklassifikationen der jeweils höhere Grad auch einem höheren Grad an Instabilität. Diese Tatsache spiegelt sich auch in der FFP-Klassifikation wider, in welcher Typ II-IV-Frakturen als instabiler einzuschätzen sind

als Typ-I-Frakturen, Typ III- und IV-Frakturen instabiler sind als Typ II-Frakturen, und natürlich Typ IV-Frakturen instabiler sind als Typ III-Frakturen. Eine wissenschaftliche Aufarbeitung mittels biomechanischer Studien ist noch ausstehend [97, 98].

In der klinischen Anwendung der Klassifikation sowie in der Auswertung der Ergebnisse wird jedoch deutlich, dass die FFP-Klassifikation keine eindeutige Differenzierung zwischen den Graden der Instabilität bietet. Vielmehr werden Frakturtypen unterschiedlicher Instabilitätsgrade zum gleichen Frakturtyp zusammengefasst. Als Beispiel sind Typs IIb- und IIc -Frakturen zu nennen, bei welchen ein- oder eben bilaterale Läsionen des hinteren Beckenrings zu einem Typ zusammengefasst werden. Hier bestehen jedoch deutliche Unterschiede in der Stabilität. Diese Diskrepanz fällt ebenso bei Typ-III-Verletzungen auf. Diese definiert sich über eine unilaterale dislozierte Fraktur des hinteren Beckenringes. Eine zudem nicht-dislozierte kontralaterale Läsion wird jedoch ebenso zu den Typ-III-Verletzungen gezählt. Transversale Läsionen im Bereich des Sacrums hingegen, welche auch über die sagittale Ebene hinausragen, finden unter den Instabilitätsparametern keine Beachtung [97, 98].

Der Vorteil der ANC-Klassifikation macht sich hier deutlich bemerkbar. Durch ihren Aufbau kommt man nicht in die prekäre Situation eines „Klassifikationsvakuums“, da subjektive Einschätzungen (bspw. „disloziert“/„nicht-disloziert“) gar nicht erst auftreten

können. Vielmehr werden die Frakturen bezüglich inkompletter oder kompletter Ilium-/Sacrumfraktur und Ein- oder Beidseitigkeit beurteilt. Auch hier steigt der Grad der Instabilität, dem alphanumerischen Aufbau folgend, mit Typ, Gruppe und Subgruppe [97, 98].

Verbindung mit Behandlungsstrategien und -ergebnissen

Auch die Erstellung eines entsprechenden Therapieplanes baut nach Rommens auf dem Grad der Instabilität auf [7]. Klinische Erfahrungen und die Ergebnisse der durchgeführten Studie bieten jedoch Grund dies nicht als absolut zu betrachten.

So gilt es in der Planung eines jeweiligen Therapieregimes der Behandlung geriatrischer Patienten verschiedene Aspekte, wie eine bereits vorbestehende eingeschränkte Mobilität, rezidivierende Sturzereignisse und kognitive Beeinträchtigungen, zu beachten. Diese Punkte zählen neben weiteren organischen Dysfunktionen zu den typischen Beeinträchtigungen des geriatrischen Patienten. Das lässt schlussfolgern, dass eine ganzheitliche medizinische Betreuung während und über den Krankenhausaufenthalt hinaus (Stichwort „Entlassungsmanagement“) zu einer adäquaten Behandlung als obligat anzusehen sind (inklusive Ergo-, Physio- und ggf. psychotherapeutische Begleitung, sowie pflegerische und sozialarbeiterische Betreuung). Ebenso ist eine Hinzuziehung anderer Disziplinen, bspw. Fachärzte der

Geriatric oder Inneren Medizin, teils notwendig, um eine Optimierung des allgemeinen Gesundheitszustandes bei etwaigen Multimorbiditäten zu erreichen.

Um die Patienten frühestmöglich in das gewohnte Umfeld zu entlassen, sind das Wiedererlangen von selbstständigen Tätigkeiten im Alltag (ATLs) wie die selbstständige Nahrungsaufnahme, der Toilettengang, das An- und Auskleiden aber auch die Erfassung von vermeintlich depressiven Störungen nicht weniger wichtig für die Reintegration in den Alltag als die Behandlung der Verletzung selbst.

Bezüglich der Ernährungssituation wissen wir, dass es im höheren Lebensalter nicht selten zu einer Malnutrition mit einem Protein- und Vitaminmangel kommt. Folgen dessen sind u.a. Schwäche, Veränderungen im Stoffwechsel und Biorhythmus und die Entwicklung einer Osteoporose. Insbesondere die Osteoporose gehört adäquat medikamentös behandelt, um das Risiko für ein Fortschreiten der Frakturen und Re-Frakturen so gut wie möglich zu minimieren. Ebenso gehören anamnestisch eruierte rezidivierende Sturzereignisse und Gangunsicherheiten zur typischen Anamnese des älteren Patienten. Bereits 2007 wurde in einem Artikel der österreichischen Ärztezeitung berichtet, dass 30% der über 65-jährigen und über 40% der über 80-jährigen stürzen [101]. Patienten, welche in Pflegeheimen leben erleiden noch gehäufte Sturzereignisse. Grund dafür können bestehende Multimorbiditäten mit Einschränkung der zerebralen Aktivität, des Gleichgewichtssinnes und Hörvermögens,

diabetische Neuropathien, vorbestehende medikamentöse Therapien und viele weitere sein, welche in der Behandlung mitbedacht und interdisziplinär mitbehandelt gehören. Ebenso wichtig ist eine ggf. parallele biopsychosoziale Betreuung, um Verwirrtheiten und Altersdepressionen mitzubehandeln, so können diese zur Antriebslosigkeit in der Heilungsphase, Aufmerksamkeitsdefiziten und daraus resultierenden erneuten Sturzereignissen führen, was den Heilungsverlauf ausschlaggebend beeinträchtigt.

Zusammenfassend sind bei geriatrischen Patienten viele Faktoren zu beachten, welche sich deutlich zu denen nicht-geriatrischer Patienten unterscheiden. Ob ein operatives Vorgehen indiziert ist, kann sich nicht lediglich nach morphologischen Kriterien richten. Es ist eine komplexe Beurteilung des Allgemeinzustandes, des Ausmaßes einer vermeintlichen Multimorbidität und bereits vorbestehender medikamentöser Therapien wie auch die Begutachtung des physischen wie mentalen Zustandes notwendig [98]. Dabei sollte ein interdisziplinäres Management, um den individuellen Therapieplan zu erstellen, obligat sein [18, 20]. Auch die Möglichkeit einer ambulanten Behandlung muss erörtert werden. Dafür muss die Sozialanamnese bezüglich Mobilität und Selbstständigkeit prätraumatisch bzw. vor Auftreten der Schmerzsymptomatik, vorbestandener Bedarf einer täglichen medikamentösen Analgesie und Prämedikation erhoben werden. Zusammenfassend gesagt, bei geriatrischen Patienten ist die „Funktion“ wichtiger als die „Form“ und das

Aufrechterhalten des gewohnten Umfeldes trägt erfahrungsgemäß stark zum positiven Outcome bei [98].

Im Weiteren sind auch die operativ vorgeschlagenen Behandlungsstrategien teils sehr konträr verlaufend und bisher ohne klare Evidenz. Rommens empfiehlt zum Beispiel bei Typ-III-Verletzungen stets eine Stabilisierung des vorderen Beckenringes in Kombination mit dem hinteren Beckenring [12].

Ebenso schlägt sein Therapieregime bei Typ-IV-Verletzungen ausschließlich eine iliolumbale Fixation vor [97, 98].

Diesbezüglich sollte man sich stets überlegen, ob eine maximale Behandlung wirklich immer zielführend, das heißt, dem Patientenwohl entsprechend, ist [97, 98].

3.3 Fazit

Die Inzidenz osteoporotischer Beckenringfrakturen hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. Bedingt durch den demographischen Wandel wird diese Entwicklung weiter zunehmen. Zudem sind Fragilitätsfrakturen mit einer hohen Morbidität und Mortalität assoziiert und erfordern erhebliche Gesundheitsressourcen. Bisher entsprechen Empfehlungen zu Behandlungskonzepten lediglich Expertenmeinungen oder retrospektiven Studien mit kleinen Stichproben und den damit verbundenem niedrigen Evidenzgrad der Stufe IV-V nach der Agency for

Healthcare Research and Quality (AHRQ). Somit besteht die Notwendigkeit einer Verbesserung der bestehenden Klassifikationen dieser Verletzungen, um konsekutive Therapieempfehlungen standardisiert ableiten zu können. Um jedoch adäquate Behandlungsalgorithmen und -standards etablieren zu können, bedarf es prospektiver Studien mit größeren Fallzahlen.

Die Verdienste von Rommens und Hoffmann lassen sich besonders hervorheben, weil sie eindeutig die Lücken in den damals bestehenden Klassifikationssystemen erkannt haben und ein klinisch praktikables System entwickelt haben. Dieses findet bis heute in der Klinik und Wissenschaft Anwendung [98].

Die FFP-Klassifikation bietet mit Sicherheit ein wertvolles Klassifizierungsinstrument für qualitativ hochwertige Studien in welchen verschiedene Behandlungsoptionen diskutiert und beurteilt werden [97, 98].

Die Intention zur Erstellung der ANC war es, ein alternatives Klassifikationssystem für osteoporotische Beckenringfrakturen vorzuschlagen und es bezugnehmend auf Vollständigkeit, Einfachheit, Zuverlässigkeit (Intraobserver beträchtlich, Interobserver moderat) und Korrelation mit der Schwere der Fraktur wie auch den Behandlungsmöglichkeiten im Vergleich zur FFP-Klassifikation zu etablieren. Die ANC lässt Raum offen, um etwaige klinische Modifikatoren (wie bspw. neurologische

Ausfälle, Schmerz, Mobilität udgl.), in die Entscheidungsfindung bzgl. der weiteren therapeutischen Vorgehensweise miteinfließen zu lassen [98].

Trotz der geringen Fallzahlen konnten wir die Evidenz bestätigen und oben beschriebenen Stärken der Klassifikation signifikant hervorheben. [97, 98]

3.4 Limitationen:

In den von uns durchgeführten Untersuchungen sind Einschränkungen zu beachten. Bereits oben angemerkt ist die Tatsache, dass bisher lediglich Studien mit geringen Stichproben existieren. Auch unsere Studie bezieht sich lediglich auf eine Auswertung von 100 CT-Scans. Eine größere Anzahl an CT-Scans hätte die Leistungsfähigkeit der von uns durchgeführten statistischen Analyse möglicherweise erhöht. Dies gilt insbesondere für die Subgruppenanalyse der Rommens-Klassifikation wie auch der ANC. Außerdem wurden lediglich CT-Scans für die Analyse verwendet. Würde man hingegen eine Auswertung einer MRT-Diagnostik ergänzen, welche bekanntlich vor allem auch sensibler für Stauchungsfrakturen/„bone-bruise“ sind, hätte man Verletzungen welche eben den Ausgang von „Übergangsfrakturen“ widerspiegeln deutlich mehr in den Vordergrund rücken können. Allerdings spiegeln die Verwendung der CT-Scans vor allem die klinische Routine wider, für die die FFP-Klassifikation wie auch die ANC hauptsächlich entwickelt worden ist [97, 98].

Und zuletzt wurde die Klassifikation des erfahrenen Beckenchirurgen als Referenz für die Beschreibung des Patientenkollektivs sowie für die Auswahl der Fälle für die Subgruppenanalyse herangezogen, mit den damit möglichen subjektiven Verzerrungen [97, 98].

4 Zusammenfassung

Einleitung:

In den letzten Jahrzehnten rückt, bedingt durch den demographischen Wandel, das Auftreten von Osteoporose- bzw. Osteomalazie-assoziierten Insuffizienz- oder Fragilitätsfrakturen des Beckenringes in den Vordergrund. Optimale, standardisierte Behandlungsstrategien für Fragilitätsfrakturen des Beckenrings bleiben jedoch in erheblichem Ausmaß unbeschrieben.

Die derzeit einzige speziell auf die Anwendung bei Fragilitätsfrakturen des Beckens ausgelegte Klassifikation „Classification of fragility fractures of the pelvic ring“ wurde von Rommens et al publiziert. Eine kritische Begutachtung und Evaluation auf klinische Anwendbarkeit wurde erstmals von der Arbeitsgruppe um Krappinger et al. in „Inter- and intraobserver reliability and critical analysis of the FFP classification of osteoporotic pelvic ring injuries“ publiziert. In weiterer Folge erarbeitete die Arbeitsgruppe um Krappinger et al. ein neuartiges alternatives Klassifikationssystem für osteoporotische Beckenringfrakturen, die „alpha numeric classification“ (ANC). Ziel war es, ein einfaches und doch umfassendes Klassifikationssystem für osteoporotische Beckenringfrakturen vorzuschlagen, welches im klinischen Alltag und unter Beachtung grundlegender Kriterien (Vollständigkeit, Einfachheit,

Zuverlässigkeit), zu einem schnellen und adäquaten sowie klinisch tauglichem Therapieregime verhelfen soll.

Ziel dieser Arbeit war es, die retrospektive Analyse der Intra- und Interobserverreliabilität der FFP-Klassifikation sowie Optimierungsvorschläge vorzustellen, mögliche Schwachstellen zu evaluieren und diese miteinander verglichen. Das Hauptaugenmerk dabei war die Betrachtung der Praktikabilität beider Klassifikationen im speziellen Bezug auf das geriatrische Patientengut.

Material und Methode

Basierend auf einer Auswertung 100 stattgehabter Becken-CTs geriatrischer Patienten mit Fragilitätsfrakturen des Beckenringes, wurde die Inter- und Intraobserverreliabilität der FFP-Klassifikation (Studie 1) wie auch der ANC (Studie 2) von 4 Observern (junger Assistent, Facharzt, Beckenchirurg, Radiologe), in einem Abstand von 4-6 Wochen 2-malig durch die 4 Observer und unter Berücksichtigung der Ein-/Ausschlusskriterien ausgewertet und die Intra- und Interobserverreliabilität mittels dem Cohens-Kappa-Koeffizienten bestimmt

Ergebnisse

Studie 1:

Die Frakturtypen, welche gehäuft auftreten, entsprechen Ia-, IIb-, IIc- und IVb-Frakturen.

In der Auswertung der Intra- und Interobserver-Zuverlässigkeitsanalyse zeigte sich eine Intraobserver-Übereinstimmung mit Kappa-Werten von 0,68 bis 0,72 und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 77%. Die Interobserver-Reliabilität ergab Kappa-Werte zwischen 0,42 und 0,59 und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 61%. Dabei gab es keine Wechselbeziehung zwischen der Reliabilität und der Expertise der Observer. In der Subgruppenanalyse der Intra- und Interobserver-Reliabilität resultierten eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 75,5% bei Kappa-Werten zwischen 0,62 und 0,67. Die Interobserver-Reliabilität fiel mit einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 57% im Vergleich zur Interobserver-Reliabilität der gesamten Studiengruppe niedriger aus. In der Subgruppenanalyse – bezogen auf 32 Fälle, welche vom Chirurgen als Typ IIc, Typ IIIc und Typ IVb klassifiziert worden sind – zeigte sich die Zuverlässigkeit mit Kappa-Werten zwischen 0,10 und 0,52 bezogen auf die Interobserver-Reliabilität im Vergleich zu Kappa-Werten zwischen 0,29 bis 0,66 bei der Intraobserver-Reliabilität.

Studie 2:

In 70% aller Frakturen zeigten sich A, C1.1 und C1.2 Frakturen.

Die Auswertung der Intra- und Interobserver-Reliabilitätsanalyse bezogen auf die Gesamtanzahl zeigt eine Intraobserver-Übereinstimmung mit Kappa-Werten zwischen 0,60 und 0,71 und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 70%. Die Interobserver-Reliabilität ergab Kappa-Werten zwischen 0,42 und 0,52 und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 57%. Aus der Intra- und Interobserver-Reliabilitätsanalyse zur Beurteilung der Frakturtypen resultierte eine Intraobserver-Übereinstimmung mit Kappa-Werten von 0,74 bis 0,86 und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 90,75%. Die Interobserver-Reliabilität zeigte Kappa-Werte zwischen 0,67 und 0,74 bei einer durchschnittlichen Interobserverreliabilität von 86%. In der Analyse der Intra- und Interobserver-Reliabilität zur Beurteilung von Frakturgruppen ließen Kappa-Werte zwischen 0,76 und 0,95 und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 91,25% darstellen. Die Zuverlässigkeit der Interobserver-Auswertung Kappa-Werte zwischen 0,64 und 0,83 und eine mittleren prozentuale Übereinstimmung von 86,3%. Die Auswertung der Analyse der Intra- und Interobserver-Reliabilität zur Beurteilung von Fraktursubtypen ergab Kappa-Werte zwischen 0,58 und 0,77 und eine mittlere prozentuale Übereinstimmung von 75%. Die Zuverlässigkeit der Inter-Observer-Auswertung zeigte sich mit Kappa-Werten

zwischen 0,40 und 0,60 und einer mittleren prozentualen Übereinstimmung von 65,2%.

Schlussfolgerung

Auf Grund des zunehmend höheren Alters der Patienten und dem stetig steigenden Anspruch an den Erhalt der Lebensqualität, ist ein Umdenken bei der Erstellung eines individuellen Therapiekonzeptes notwendig.

Rommens et al entwickelten ein Klassifikationssystem, welches für den vorderen und den hinteren Beckenring Anwendung findet. Im Rahmen der Datenanalyse konnten jedoch diverse Schwächen und etwaige Fehlerquellen in der Anwendung festgestellt und diskutiert werden.

Bezugnehmend auf die Datenanalyse konnte gezeigt werden, dass die Inter- und Intraobserverreliabilität der FFP-Klassifikation insgesamt akzeptable Ergebnisse zeigte, jedoch die Analyse der Subtypen relativ unzuverlässige Ergebnisse erbrachte. Bezüglich der Reliabilität fanden sich bei der Auswertung der ANC zwar vergleichbare Ergebnisse, jedoch ist diese deutlich einfacher und umfassender anwendbar und lässt eine sicherere Auswertung des Schweregrades einer Verletzung zu. Ebenso lässt die ANC Raum offen, um etwaige klinische Modifikatoren (wie bspw. neurologische

Ausfälle, Schmerz, Mobilität udgl.), in die Entscheidungsfindung bzgl. der weiteren therapeutischen Vorgehensweise miteinfließen zu lassen.

Die Arbeit kommt zum Schluss, dass die ANC-Klassifikation, im Vergleich zur soliden FFP-Klassifikation, bei dem speziellen Patientengut „geriatrische Patienten“ Vorteile bietet, gute und angepasste Verbesserungen beinhaltet und auch die Indikation zur operativen Versorgung kritischer hinterfragen lässt.

5 Literaturverzeichnis

1. Available from:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Bevoelkerungsvorausberechnung.html>.
2. Rommens, P.M., D. Wagner, and A. Hofmann, *Fragility Fractures of the Pelvis*. JBJS Rev, 2017. **5**(3).
3. Krappinger, D., et al., *Low-energy osteoporotic pelvic fractures*. Arch Orthop Trauma Surg, 2010. **130**(9): p. 1167-75.
4. McCabe, M.P., M.P. Smyth, and D.R. Richardson, *Current concept review: vitamin D and stress fractures*. Foot Ankle Int, 2012. **33**(6): p. 526-33.
5. Uezono, H., et al., *Pelvic insufficiency fracture after definitive radiotherapy for uterine cervical cancer: retrospective analysis of risk factors*. J Radiat Res, 2013. **54**(6): p. 1102-9.
6. O'Brien D, P., et al., *Pelvic fracture in the elderly is associated with increased mortality*. Surgery, 2002. **132**(4): p. 710-4; discussion 714-5.
7. Breuil, V., et al., *Outcome of osteoporotic pelvic fractures: an underestimated severity. Survey of 60 cases*. Joint Bone Spine, 2008. **75**(5): p. 585-8.
8. Krappinger, D., et al., *Fractures of the pubic rami: a retrospective review of 534 cases*. Arch Orthop Trauma Surg, 2009. **129**(12): p. 1685-90.
9. Hill, R.M., C.M. Robinson, and J.F. Keating, *Fractures of the pubic rami. Epidemiology and five-year survival*. J Bone Joint Surg Br, 2001. **83**(8): p. 1141-4.
10. Stuby, F.M., et al., *[Insufficiency fractures of the pelvic ring]*. Unfallchirurg, 2013. **116**(4): p. 351-64; quiz 365-6.
11. Burge, R., et al., *Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005-2025*. J Bone Miner Res, 2007. **22**(3): p. 465-75.
12. Rommens, P.M. and A. Hofmann, *Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: Recommendations for surgical treatment*. Injury, 2013. **44**(12): p. 1733-44.
13. Rommens, P.M., et al., *Clinical pathways for fragility fractures of the pelvic ring: personal experience and review of the literature*. J Orthop Sci, 2015. **20**(1): p. 1-11.
14. Mehling, I., M.H. Hessmann, and P.M. Rommens, *Stabilization of fatigue fractures of the dorsal pelvis with a trans-sacral bar. Operative technique and outcome*. Injury, 2012. **43**(4): p. 446-51.

15. Eckardt, H., et al., *Good functional outcome in patients suffering fragility fractures of the pelvis treated with percutaneous screw stabilisation: Assessment of complications and factors influencing failure*. *Injury*, 2017. **48**(12): p. 2717-2723.
16. Tosounidis, G., et al., *[Misinterpretation of anterior pelvic ring fractures in the elderly]*. *Unfallchirurg*, 2006. **109**(8): p. 678-80.
17. S., M., *Plastische Anatomie*. 1938: Bergmann.
18. J., S., *Atlas der Anatomie des Menschen*. Vol. Auflage 22. 2006: Urban & Fischer.
19. Krappinger, D., *Das schwere Beckentrauma*, in *medical university Innsbruck*. 2007.
20. Pauwels, F., *Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates*. 1965: Springer Verlag.
21. Tile, M., *Fractures of the pelvis and acetabulum*. 1995, Baltimore: Williams & Wilkins.
22. J., B., C. C., and F. J., *Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen in der Radiologie des kindlichen und erwachsenen Skeletts*. Vol. 14. 2001: Thieme.
23. Oberkircher, L., et al., *Osteoporotic Pelvic Fractures*. *Dtsch Arztebl Int*, 2018. **115**(5): p. 70-80.
24. Fischer, A., *Über schwere Beckenluxationen und Verletzungen der umgebenden Weichteile: typische Rodelverletzungen*. Vol. 36. 1909: Zentralbl Chir.
25. Oberkircher, L., *Osteoporoseassoziierte Fragilitätsfrakturen des Beckenrings*. 2018.
26. Gertzbein, S.D. and D.R. Chenoweth, *Occult injuries of the pelvic ring*. *Clin Orthop Relat Res*, 1977(128): p. 202-7.
27. Schadel-Hopfner, M., et al., *[Computed tomography for the assessment of posterior pelvic injuries in patients with isolated fractures of the pubic rami in conventional radiography]*. *Chirurg*, 2002. **73**(10): p. 1013-8.
28. Robinovitch, S.N., et al., *Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: an observational study*. *Lancet*, 2013. **381**(9860): p. 47-54.
29. Davenport, R.D., et al., *Falls following discharge after an in-hospital fall*. *BMC Geriatr*, 2009. **9**: p. 53.
30. Malgaigne, J., *Traites des fractures et des luxations*. 1847, Paris.
31. Pick, M.P., *A classification of fractures of the pelvis*. *Proc R Soc Med*, 1955. **48**(2): p. 96-8.
32. Kräme J., G.J., *Orthopädie, Unfallchirurgie*. Vol. 8. Auflage. 2007, Heidelberg.

33. Landis, J.R. and G.G. Koch, *The measurement of observer agreement for categorical data*. Biometrics, 1977. **33**(1): p. 159-74.
34. Malek, I.A., et al., *Inter-observer reliability and intra-observer reproducibility of the Weber classification of ankle fractures*. J Bone Joint Surg Br, 2006. **88**(9): p. 1204-6.
35. Imerci, A., N.H. Aydogan, and K. Tosun, *Evaluation of inter- and intra-observer reliability of current classification systems for subtrochanteric femoral fractures*. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2018. **28**(3): p. 499-502.
36. Cosker, T.D., et al., *Pelvic ramus fractures in the elderly: 50 patients studied with MRI*. Acta Orthop, 2005. **76**(4): p. 513-6.
37. Tile, M., *Pelvic ring fractures: should they be fixed?* J Bone Joint Surg Br, 1988. **70**(1): p. 1-12.
38. Burgess, A.R., et al., *Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols*. J Trauma, 1990. **30**(7): p. 848-56.
39. Pohlemann, T., A. Gansslen, and H. Tscherne, *[The problem of the sacrum fracture. Clinical analysis of 377 cases]*. Orthopade, 1992. **21**(6): p. 400-12.
40. Dalal, S.A., et al., *Pelvic fracture in multiple trauma: classification by mechanism is key to pattern of organ injury, resuscitative requirements, and outcome*. J Trauma, 1989. **29**(7): p. 981-1000; discussion 1000-2.
41. Tile, M., *Pelvic fractures: operative versus nonoperative treatment*. Orthop Clin North Am, 1980. **11**(3): p. 423-64.
42. Ragnarsson, B. and B. Jacobsson, *Epidemiology of pelvic fractures in a Swedish county*. Acta Orthop Scand, 1992. **63**(3): p. 297-300.
43. Voigt, G.E., *[Studies on the mechanics of pelvic fractures and dislocations]*. Hefte Unfallheilkd, 1965. **85**: p. 1-92.
44. Pohlemann, T., et al., *The Hannover experience in management of pelvic fractures*. Clin Orthop Relat Res, 1994(305): p. 69-80.
45. Kannus, P., et al., *Low-Trauma Pelvic Fractures in Elderly Finns in 1970-2013*. Calcif Tissue Int, 2015. **97**(6): p. 577-80.
46. Sullivan, M.P., et al., *Geriatric fractures about the hip: divergent patterns in the proximal femur, acetabulum, and pelvis*. Orthopedics, 2014. **37**(3): p. 151-7.
47. Flint, L. and H.G. Cryer, *Pelvic fracture: the last 50 years*. J Trauma, 2010. **69**(3): p. 483-8.
48. Pohlemann, T., et al., *[Determining indications and osteosynthesis techniques for the pelvic girdle]*. Unfallchirurg, 1992. **95**(4): p. 197-209.
49. Tosounidis, G., et al., *[Complex pelvic trauma in elderly patients]*. Unfallchirurg, 2010. **113**(4): p. 281-6.
50. Tosounidis, G., et al., *Changes in epidemiology and treatment of pelvic ring fractures in Germany: an analysis on data of German Pelvic Multicenter Study*

- Groups I and III (DGU/AO)*. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2010. **77**(6): p. 450-6.
51. Holstein, J.H., U. Culemann, and T. Pohlemann, *What are Predictors of Mortality in Patients with Pelvic Fractures?* Clin Orthop Relat Res, 2012.
 52. Fuchs, T., et al., *[Pelvic ring fractures in the elderly. Underestimated osteoporotic fracture]*. Unfallchirurg, 2011. **114**(8): p. 663-70.
 53. Pohlemann, T., et al., *[Pelvic fractures: epidemiology, therapy and long-term outcome. Overview of the multicenter study of the Pelvis Study Group]*. Unfallchirurg, 1996. **99**(3): p. 160-7.
 54. Rollmann, M.F., et al., *Pelvic ring fractures in the elderly now and then - a pelvic registry study*. Arch Gerontol Geriatr, 2017. **71**: p. 83-88.
 55. Culemann, U., et al., *[Injury to the pelvic ring. Diagnosis and current possibilities for treatment]*. Unfallchirurg, 2004. **107**(12): p. 1169-81; quiz 1182-3.
 56. Gansslen, A., et al., *Epidemiology of pelvic ring injuries*. Injury, 1996. **27 Suppl 1**: p. S-A13-20.
 57. Hoch, A., et al., *Biomechanical analysis of stiffness and fracture displacement after using PMMA-augmented sacroiliac screw fixation for sacrum fractures*. Biomed Tech (Berl), 2017. **62**(4): p. 421-428.
 58. Linstrom, N.J., et al., *Anatomical and biomechanical analyses of the unique and consistent locations of sacral insufficiency fractures*. Spine (Phila Pa 1976), 2009. **34**(4): p. 309-15.
 59. Wagner, D., et al., *Sacral Bone Mass Distribution Assessed by Averaged Three-Dimensional CT Models: Implications for Pathogenesis and Treatment of Fragility Fractures of the Sacrum*. J Bone Joint Surg Am, 2016. **98**(7): p. 584-90.
 60. Wagner, D., et al., *Fragility fractures of the sacrum: how to identify and when to treat surgically?* Eur J Trauma Emerg Surg, 2015. **41**(4): p. 349-62.
 61. Tscherne, H. and T. Pohlemann, *Becken und Acetabulum*. 1998, Berlin.
 62. Bruch, L., *Berchtold Chirurgie*. Vol. 5. 2006: Urban & Fischer Verlag.
 63. Pohlemann, T., A. Gansslen, and H. Tscherne, *[Fracture of the sacrum]*. Unfallchirurg, 2000. **103**(9): p. 769-86.
 64. Seekamp, A., M. Burkhardt, and T. Pohlemann, *[Shock trauma room management of pelvic injuries. A systematic review of the literature]*. Unfallchirurg, 2004. **107**(10): p. 903-10.
 65. Capone, A.C., et al., *Improved outcome with fluid restriction in treatment of uncontrolled hemorrhagic shock*. J Am Coll Surg, 1995. **180**(1): p. 49-56.
 66. Fangio, P., et al., *Early embolization and vasopressor administration for management of life-threatening hemorrhage from pelvic fracture*. J Trauma, 2005. **58**(5): p. 978-84; discussion 984.

67. Ben-Menachem, Y., et al., *Hemorrhage associated with pelvic fractures: causes, diagnosis, and emergent management*. AJR Am J Roentgenol, 1991. **157**(5): p. 1005-14.
68. Hagiwara, A., et al., *Predictors of death in patients with life-threatening pelvic hemorrhage after successful transcatheter arterial embolization*. J Trauma, 2003. **55**(4): p. 696-703.
69. Moreno, C., et al., *Hemorrhage associated with major pelvic fracture: a multispecialty challenge*. J Trauma, 1986. **26**(11): p. 987-94.
70. Young, J.W., et al., *Pelvic fractures: value of plain radiography in early assessment and management*. Radiology, 1986. **160**(2): p. 445-51.
71. Edeiken-Monroe, B.S., B.D. Browner, and H. Jackson, *The role of standard roentgenograms in the evaluation of instability of pelvic ring disruption*. Clin Orthop Relat Res, 1989(240): p. 63-76.
72. Bohme, J., et al., *[Influence of routine CT examination on fracture classification and therapy for pelvic ring fractures in patients aged over 65 years old]*. Z Orthop Unfall, 2012. **150**(5): p. 477-83.
73. Hackenbroch, C., et al., *Dual Energy Computed Tomography in Musculoskeletal Imaging, with Focus on Fragility Fractures of the Pelvis*. Z Orthop Unfall, 2017. **155**(6): p. 708-715.
74. Rommens, P.M., D. Wagner, and A. Hofmann, *[Osteoporotic fractures of the pelvic ring]*. Z Orthop Unfall, 2012. **150**(3): p. e107-18; quiz e119-20.
75. Maier, G.S., et al., *Risk factors for pelvic insufficiency fractures and outcome after conservative therapy*. Arch Gerontol Geriatr, 2016. **67**: p. 80-5.
76. Peichl, P., et al., *Parathyroid hormone 1-84 accelerates fracture-healing in pubic bones of elderly osteoporotic women*. J Bone Joint Surg Am, 2011. **93**(17): p. 1583-7.
77. Kammerlander, C., et al., *Ortho-geriatric service--a literature review comparing different models*. Osteoporos Int, 2010. **21**(Suppl 4): p. S637-46.
78. Ellis, G., et al., *Comprehensive geriatric assessment for older adults admitted to hospital*. Cochrane Database Syst Rev, 2017. **9**: p. CD006211.
79. Feldt, K.S., M.B. Ryden, and S. Miles, *Treatment of pain in cognitively impaired compared with cognitively intact older patients with hip-fracture*. J Am Geriatr Soc, 1998. **46**(9): p. 1079-85.
80. Warden, V., A.C. Hurley, and L. Volicer, *Development and psychometric evaluation of the Pain Assessment in Advanced Dementia (PAINAD) scale*. J Am Med Dir Assoc, 2003. **4**(1): p. 9-15.
81. Pohlemann, T., et al., *[Biomechanical comparison of various emergency stabilization measures of the pelvic ring]*. Unfallchirurg, 1994. **97**(10): p. 503-10.

82. Sagi, H.C., N.R. Ordway, and T. DiPasquale, *Biomechanical analysis of fixation for vertically unstable sacroiliac dislocations with iliosacral screws and symphyseal plating*. J Orthop Trauma, 2004. **18**(3): p. 138-43.
83. Stockle, U., et al., *[Dorsal oblique pelvic fixator: development and biomechanical testing]*. Unfallchirurg, 2000. **103**(8): p. 618-25.
84. van Zwienen, C.M., et al., *Biomechanical comparison of sacroiliac screw techniques for unstable pelvic ring fractures*. J Orthop Trauma, 2004. **18**(9): p. 589-95.
85. Yinger, K., et al., *Biomechanical comparison of posterior pelvic ring fixation*. J Orthop Trauma, 2003. **17**(7): p. 481-7.
86. Routt, M.L., Jr., P.T. Simonian, and W.J. Mills, *Iliosacral screw fixation: early complications of the percutaneous technique*. J Orthop Trauma, 1997. **11**(8): p. 584-9.
87. Beaulé, P.E., J. Antoniadou, and J.M. Matta, *Trans-sacral fixation for failed posterior fixation of the pelvic ring*. Arch Orthop Trauma Surg, 2006. **126**(1): p. 49-52.
88. Griffin, D.R., et al., *Vertically unstable pelvic fractures fixed with percutaneous iliosacral screws: does posterior injury pattern predict fixation failure?* J Orthop Trauma, 2003. **17**(6): p. 399-405.
89. Osterhoff, G., et al., *Percutaneous iliosacral screw fixation in S1 and S2 for posterior pelvic ring injuries: technique and perioperative complications*. Arch Orthop Trauma Surg, 2011. **131**(6): p. 809-13.
90. Gansslen, A., T. Hufner, and C. Krettek, *Percutaneous iliosacral screw fixation of unstable pelvic injuries by conventional fluoroscopy*. Oper Orthop Traumatol, 2006. **18**(3): p. 225-44.
91. Wahnert, D., M.J. Raschke, and T. Fuchs, *Cement augmentation of the navigated iliosacral screw in the treatment of insufficiency fractures of the sacrum: a new method using modified implants*. Int Orthop, 2013. **37**(6): p. 1147-50.
92. Gorczyca, J.T., et al., *The strength of iliosacral lag screws and transiliac bars in the fixation of vertically unstable pelvic injuries with sacral fractures*. Injury, 1996. **27**(8): p. 561-4.
93. Harrington, K.D., *The use of hemipelvic allografts or autoclaved grafts for reconstruction after wide resections of malignant tumors of the pelvis*. J Bone Joint Surg Am, 1992. **74**(3): p. 331-41.
94. Simonain, P.T., et al., *Internal fixation for the transforaminal sacral fracture*. Clin Orthop Relat Res, 1996(323): p. 202-9.
95. Andrich, S., et al., *Excess Mortality After Pelvic Fractures Among Older People*. J Bone Miner Res, 2017. **32**(9): p. 1789-1801.

96. Taillandier, J., et al., *Mortality and functional outcomes of pelvic insufficiency fractures in older patients*. Joint Bone Spine, 2003. **70**(4): p. 287-9.
97. Krappinger, D., et al., *Inter- and intraobserver reliability and critical analysis of the FFP classification of osteoporotic pelvic ring injuries*. Injury, 2018.
98. Krappinger, D. et al., *An alphanumeric classification of osteoporotic pelvic ring injuries*. Arch Orthop Trauma Surg. 2020 Jul
99. <https://www.medistat.de/glossar/uebereinstimmung/cohens-kappa-koeffizient/>).
100. Bakker, G., et al., *Sacral Insufficiency Fractures : How to Classify?* J Korean Neurosurg Soc, 2018. **61**(2): p. 258-266.
101. Lechleitner M.,2017, 12, ÖÄZ, S34-41

6 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: 55-JÄHRIGE PATIENTIN, INTAKTER BECKENRING	11
ABBILDUNG 2 BECKENRING MIT BANDSTRUKTUREN VON VENTRAL (AUS HTTPS://EREF.THIEME.DE)	14
ABBILDUNG 3 KRAFTEINLEITUNG AUF DAS BECKEN IM EINBEIN- UND ZWEIBEINSTAND (ANGELEHNT AN PAUWELS, 1965 [20])	18
ABBILDUNG 4: OUTLET- UND INLETPROJEKTION. OS SACRUM IN DER FORM EINES „SCHLUSSSTEINES“ SOWIE EINES „RINNSTEINES“	19
ABBILDUNG 5: AO/OTA-KLASSIFIKATION (AUS HTTPS://EREF.THIEME.DE).....	29
ABBILDUNG 6: KLASSIFIKATIONSSCHEMA NACH YOUNG-BURGESS (AUS HTTPS://EREF.THIEME.DE)	31
ABBILDUNG 7: KLASSIFIKATIONSSCHEMA NACH DENIS. (AUS: HTTPS://EREF.THIEME.DE)	33
ABBILDUNG 8 FFP-TYP I VERLETZUNGEN.....	35
ABBILDUNG 9 FFP-TYP II VERLETZUNGEN.....	36
ABBILDUNG 10: FFP-TYP III VERLETZUNGEN.....	37
ABBILDUNG 11: FFP-TYP IV VERLETZUNGEN	38
ABBILDUNG 12: 83-JÄHRIGE PATIENTIN, FRACT. RAM. SUP. ET INF. OSSIS PUBIS SIN NON REC., FRACT OSSIS SACRI UTRISQUE (INSUFFIZIENZFRAKTUR)	54
ABBILDUNG 13: 78-JÄHRIGER PATIENT; BECKEN-C FRAKTUR, SYMPHYSENSPRENGUNG, SACRUMFRAKTUR MIT PERCUTANER SI-VERSCHRAUBUNG UND PLATTENOSTEOSYNTHESE IM BEREICH DER SYMPHYSE	63
ABBILDUNG 14: 77-JÄHRIGE PATIENTIN, MIT INITIAL FRACT. MASSA LAT. UTRISQUE OSSIS SACRI (INSUFFIZIENZFRAKTUR) MIT EINGEBRACHTEN SAKRALSTÄBEN	65

ABBILDUNG 15 PATIENT, HINTERE UND VORDERE BECKENRINGFRAKTUR, MIT SI-
VERSCHRAUBUNG BDS. UND DORSALER INSTRUMENTIERUNG – ZUR DARSTELLUNG
DES OSTEOSYNTHESEVERFAHRENS..... 67

ABBILDUNG 16: MULTIPLANARE REKONSTRUKTION BECKEN-CT,
FRAKTURREKONSTRUKTION MITTELS FADENKREUZ

.....76

7 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: GESAMTZUVERLÄSSIGKEIT DER INTER- UND INTRAOBSERVER (GRAU) RELIABILITÄT (N = 100 FÄLLE) (PROZENTUALE ÜBEREINSTIMMUNG UND KAPPA-KOEFFIZIENTEN). DIE WERTE BEIDER ANALYSEN WURDEN ZUR BEURTEILUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTEROBSERVERRELIABILITÄT MIT EINBEZOGEN. [97]	80
TABELLE 2: ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTER- UND INTRAOBSERVER (GRAU) RELIABILITÄT FÜR FFP IIB- UND FFP IIC- VERLETZUNGEN (N = 61 FÄLLE) (PROZENTUALE ÜBEREINSTIMMUNG UND KAPPA-KOEFFIZIENTEN). DIE WERTE BEIDER ANALYSEN WURDEN ZUR BEURTEILUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTEROBSERVERRELIABILITÄT MIT EINBEZOGEN. [97]	82
TABELLE 3: ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTER- UND INTRAOBSERVERRELIABILITÄT (GRAU) FÜR FFP IIC, IIIC UND IVB (N = 32 FÄLLE) (PROZENTUALE ÜBEREINSTIMMUNG UND KAPPA-KOEFFIZIENTEN). DIE WERTE BEIDER ANALYSEN WURDEN ZUR BEURTEILUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTEROBSERVERRELIABILITÄT MIT EINBEZOGEN. [97]	84
TABELLE 4: ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTER- UND INTRAOBSERVERRELIABILITÄT (GRAU): PROZENTUALE ÜBEREINSTIMMUNG UND KAPPA-KOEFFIZIENTEN. WERTE AUS BEIDEN ANALYSEN WURDEN FÜR DIE BEURTEILUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTEROBSERVERRELIABILITÄT MIT EINBEZOGEN. [98].....	86
TABELLE 5: ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTER- UND INTRAOBSERVERRELIABILITÄT (GRAU) FÜR DIE BEURTEILUNG DER FRAKTURTYPEN A-C: PROZENTUALE ÜBEREINSTIMMUNG UND KAPPA-KOEFFIZIENTEN. WERTE AUS BEIDEN ANALYSEN WURDEN FÜR DIE BEURTEILUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTEROBSERVERRELIABILITÄT MIT	

EINBEZOGEN. [98] 87

TABELLE 6: ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTER- UND INTRAOBSERVERRELIABILITÄT (GRAU) FÜR DIE BEURTEILUNG VON FRAKTURGRUPPEN (1-3): PROZENTUALE ÜBEREINSTIMMUNG UND KAPPA-KOEFFIZIENTEN. WERTE AUS BEIDEN ANALYSEN WURDEN FÜR DIE BEURTEILUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTEROBSERVERRELIABILITÄT MIT EINBEZOGEN. [98] 89

TABELLE 7: ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTER- UND INTRAOBSERVERRELIABILITÄT (GRAU) FÜR DIE BEURTEILUNG VON FRAKTURSUBGRUPPEN (1-3): PROZENTUALE ÜBEREINSTIMMUNG UND KAPPA-KOEFFIZIENTEN. WERTE AUS BEIDEN ANALYSEN WURDEN FÜR DIE BEURTEILUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER INTEROBSERVERRELIABILITÄT MITEINBEZOGEN. [98] 91

8 Anhang

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
a.p.	anterior posterior
art.	Articulatio (Gelenk)
artt.	Artikulationes
ATLs	Aktivitäten des täglichen Lebens
AZ	Allgemeinzustand
bspw.	Beispielsweise
BV	Bildverstärker
BWS	Brustwirbelsäule
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
et al.	et aliae (und weitere)
Hb	Hämoglobin
iATLs	instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens
i.d.R.	in der Regel
inkl.	inklusive
Jhd.	Jahrhundert
Lig.	Ligamentum (Band)
Ligg.	Ligamenta (Bänder)
LWS	Lendenwirbelsäule
max.	maximal
min.	minimal
mm	Millimeter

Mio.	Millionen
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
p./pp.	Seite/Seiten
procc.	Processus (Fortsätze)
s.	siehe
SI	sacro-iliacal
sog.	so genannte
u.a.	unter anderem
udgl.	und der gleichen
u.U.	unter Umständen
VAS	Visuelle Analogskale
vgl.	vergleiche
vs.	versus
Vit	Vitamin
wh.	wiederholt
WHO	World Health Organization
WK	Wirbelkörper
WS	Wirbelsäule

Veröffentlichungen

(unter geb. Merkel)

Inter- and intraobserver reliability and critical analysis of the FFP classification of osteoporotic pelvic ring injuries.

Krappinger D, Kaser V, Kammerlander C, Neuerburg C, Merkel A, Lindtner RA. - Injury.

2019 Feb

An alphanumeric classification of osteoporotic pelvic ring injuries.

Krappinger D, Kaser V, Merkel A, Neururer S, Lindtner RA. - Arch Orthop Trauma

Surg. 2020 Jul

Danksagung

Meinen Dank möchte ich an dieser Stelle nachstehenden Personen entgegenbringen, ohne deren Mithilfe die Anfertigung dieser Dissertationsschrift nicht zustande gekommen wäre.

Mein Dank gilt zunächst den Betreuern dieser Dissertation, der Klinik für Allgemeine, Unfall,- und Wiederherstellungschirurgie der LMU München, PD Dr. Carl Neuerburg und Prof. Dr. Christian Kammerlander. Ebenso gilt der Dank meinem Betreuer der unfallchirurgischen Universitätsklinik Innsbruck, Assoc.-Prof. PD Dr. med. Dietmar Krappinger PhD, MBA.

Diese Arbeit konnte lediglich durch Eure Ideengebung, freundliche Hilfestellung, Korrekturvorschläge, Bereitstellung von Quellen und Daten und durch gemeinsames Zusammenarbeiten, vor allem Standort-übergreifend, fertiggestellt werden. Dieser konstruktive Austausch wird mir stets in Erinnerung bleiben.

Ferner bedanke ich mich bei den Ko-Autoren der bereits publizierten Arbeit, welche an der Erstellung der gewonnenen Daten und Datenanalyse außerordentlich mitbeteiligt gewesen sind.

Ein besonderer Dank gebührt auch Arbeitskollegen und Freunden - insbesondere Dr. Peter Schwendinger, Dr. Felix Riechelmann sowie PD. Dr. med. Christian Deml - welche mir stets zur Seite standen. Die zahlreichen Gespräche auf intellektueller und persönlicher Ebene, die mehrfache Durchsicht dieser Arbeit beim Korrekturlesen, Eure differenzierten Anmerkungen, vor allem aber Euer moralischer Beistand haben mir Kraft und Mut zur Anfertigung und Vollendung meiner Dissertation gegeben.

Tief verbunden und dankbar bin ich meiner Familie: meinen Eltern und meinem Bruder, meinem Ehemann Dr. Markus Luger und seinen Eltern sowie engsten Freunden. Ich danke Euch für Eure Unterstützung und Euer Verständnis bei der Anfertigung dieser Arbeit. Euer Rückhalt hat mich stets motiviert und ermutigt. Euch widme ich diese Arbeit.