

Aus der
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
an der Universität Tübingen

**Vergleich des klinischen und operativen Outcomes zwischen Patienten
mit isolierten Beckenverletzungen und Patienten mit
Kombinationsverletzungen des Beckens, Thorax, Schädel-Hirn und
Wirbelsäule
Retrospektive Auswertung aus dem prospektiven multizentrischen
nationalen Beckenregister der Deutschen Gesellschaft für
Unfallchirurgie (DGU)**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Navas Contreras, Luis Alfredo

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler
1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. B. Ulmar
2. Berichterstatter: Professorin Dr. K. M. Thiel

Tag der Disputation: 05.10.2023

meiner Familie gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis	9
1. Einleitung.....	10
1.1. <i>Epidemiologie.....</i>	10
1.1.1. <i>Epidemiologie des Polytraumas</i>	10
1.1.2. <i>Epidemiologie der Beckenfrakturen</i>	13
1.1.3. <i>Epidemiologie der Acetabulumfrakturen</i>	14
1.1.4. <i>Epidemiologie des Schädel-Hirn-Traumas.....</i>	15
1.1.5. <i>Epidemiologie des Thoraxtraumas</i>	16
1.1.6. <i>Epidemiologie der Wirbelsäulenverletzungen</i>	16
1.2. <i>Definitionen und Klassifikationen</i>	17
1.2.1. <i>Traumaregister.....</i>	17
1.2.2. <i>Beckenregister.....</i>	17
1.2.3. <i>Diagnostik und Klassifikation der Beckenringfrakturen.....</i>	18
1.2.3.1. <i>Klassifikation der Beckenringfrakturen</i>	18
1.2.3.2. <i>Radiologische Diagnostik der Beckenringfrakturen</i>	21
1.2.3.3. <i>Begleitverletzungen bei Beckenringfrakturen</i>	22
1.2.4. <i>Diagnostik und Klassifikation der Acetabulumfrakturen.....</i>	23
1.2.4.1. <i>Klassifikation der Acetabulumfrakturen.....</i>	23
1.2.4.2. <i>Radiologische Diagnostik bei Acetabulumfrakturen.....</i>	26
1.2.4.3. <i>Begleitverletzungen bei Acetabulumfrakturen</i>	26
1.3. <i>Versorgungsverfahren bei Beckenring- und Acetabulumfrakturen</i>	27
1.3.1. <i>Notfallstabilisierung der Beckenfrakturen</i>	27
1.3.2. <i>Definitive Versorgung von Beckenring- und Acetabulumfrakturen.....</i>	28
1.3.2.1. <i>Therapie der Beckenringfrakturen</i>	28
1.3.2.1.1. <i>Stabile Frakturen (Typ A).....</i>	28
1.3.2.1.2. <i>Außenrotationfrakturen „Open Book“ (Typ B1).....</i>	29
1.3.2.1.2.1. <i>Fixateur Externe.</i>	30
1.3.2.1.2.2. <i>Fixateur Interne.</i>	31
1.3.2.1.3. <i>Innenrotationfrakturen „laterale Kompression“ (Typ B2)</i>	32
1.3.2.1.4. <i>Instabile Frakturen (Typ C).....</i>	33
1.3.2.2. <i>Osteosynthese bei Acetabulumfrakturen.....</i>	36
1.4. <i>Einteilung der Begleitverletzungen.....</i>	37

1.5.	<i>Einteilung und Klassifikation des Schädel-Hirn-Traumas</i>	37
1.6.	<i>Einteilung und Klassifikation des Thoraxtraumas</i>	39
1.7.	<i>Einteilung und Klassifikation der Wirbelsäulenverletzung</i>	41
2.	Hypothese und Zielsetzung der Studie	44
3.	Patienten und Methodik	45
3.1.	<i>Datenbasis</i>	45
3.2.	<i>Ein- und Ausschlusskriterien</i>	45
3.3.	<i>Einwilligung zur wissenschaftlichen Datenauswertung seitens des Patienten</i>	46
3.4.	<i>Votum der zuständigen Ethikkommission</i>	46
3.5.	<i>Zu untersuchende Daten / Speicherort / Speicherdauer</i>	46
3.6.	<i>Statistische Analyse</i>	47
4.	Ergebnisse	48
4.1.	<i>Patienten</i>	48
4.2.	<i>Epidemiologische Daten</i>	48
4.2.1.	<i>Alter</i>	48
4.2.2.	<i>Altersgipfel</i>	52
4.3.	<i>Liegedauer</i>	52
4.4.	<i>Mortalität</i>	56
4.5.	<i>Transfusionsrate</i>	56
4.6.	<i>Injury Severity Score (ISS)</i>	57
4.7.	<i>Klassifikation der Beckenringverletzungen nach TILE</i>	59
4.8.	<i>Klassifikation der Acetabulumverletzungen nach Letournel</i>	61
4.8.1.	<i>Verletzungen des rechten Acetabulums</i>	61
4.8.2.	<i>Verletzungen des linken Acetabulums</i>	62
4.8.3.	<i>Beidseitige Acetabulumverletzung</i>	64
4.8.4.	<i>Matta Grading Score bei Acetabulumfraktur</i>	65
4.9.	<i>Komplikationen im Gesamtkollektiv</i>	66
4.10.	<i>Todesursache im Gesamtkollektiv</i>	68
4.11.	<i>Art des Unfalls im Gesamtkollektiv</i>	70
4.12.	<i>Zeit bis zum OP-Datum vs. Komplikationen in Beckenringverletzungen</i>	71
4.13.	<i>Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer Beckenring Spalt</i>	72
4.14.	<i>Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer vorderer Beckenring-Spalt</i>	72
4.15.	<i>Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer hinterer Beckenring-Spalt</i>	73
4.16.	<i>Zeit bis zum OP-Datum vs. Komplikationen in Acetabulumverletzungen</i>	73

4.17.	<i>Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer Acetabulum-Spalt.....</i>	74
5.	Diskussion	75
5.1.	<i>Epidemiologische Daten</i>	75
5.2.	<i>Liegedauer.....</i>	76
5.3.	<i>Mortalität.....</i>	77
5.4.	<i>Erythrozytenkonzentratgabe.....</i>	77
5.5.	<i>Injury Severity Score</i>	79
5.6.	<i>Klassifikation von Beckenringverletzungen</i>	80
5.7.	<i>Klassifikation der Acetabulumverletzungen nach Letournel.....</i>	81
5.8.	<i>Komplikationen</i>	82
5.9.	<i>Todesursache</i>	82
5.10.	<i>Unfallumstände.....</i>	83
5.11.	<i>Versorgungsqualität.....</i>	83
6.	Zusammenfassung.....	84
7.	Literaturverzeichnis	86
8.	Anhang.....	99
8.1.	<i>Anhang 1</i>	99
9.	Erklärung zum Eigenanteil	107
10.	Veröffentlichung	108
11.	Plagiat Erklärung	109
12.	Danksagung	110

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: AO Klassifikation der Beckenring-Verletzungen [Küper, Pelvic ring fractures in the elderly 2019]	18
Abbildung 2: Typ-A-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³	18
Abbildung 3: Typ-B-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³	19
Abbildung 4: Typ-B-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³	21
Abbildung 5: Klassifikation der Acetabulumfrakturen nach Judet/Letournel [Gänsslen,	23
Abbildung 6: Typ-A-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³	24
Abbildung 7: Typ-B-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³	25
Abbildung 8: Typ-C-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³	26
Abbildung 9: Notfallmäßige Stabilisierung des Beckens mittels Beckengurts [Felix et al. Blutungskontrolle bei Beckenverletzungen 2016]	27
Abbildung 10: a) Radiologische Kontrollaufnahme einer instabilen Beckenfraktur mit ventralem Fixateur externe zur notfallmäßigen Stabilisierung des Beckens. b) postoperatives Bild nach Stabilisierung des Beckenrings mittels Fixateurs externe. [Felix et al. Blutungskontrolle bei Beckenverletzungen 2016]	27
Abbildung 11: „Open Book“ Verletzung mit intakten Ligamenta sacrospinale. [Klinik für Traumatologie Universitätsspital Zürich]	29
Abbildung 12: „Open Book“ Verletzung mit Riss der Ligamenta sacrospinale. [Pennal, G., Tile, M., Waddell, J., Garside, H.(1980)].....	30
Abbildung 13: a-b Schanz-Schrauben-Platzierung für Fixateur externe des Beckens. c gebogene Fixateur Stange. d Karbonstäbe mit Spannbügelverbindung. [Großer und Mittlerer Fixateur Externe. Modulare Stabsysteme, Depuy Synthes]	31
Abbildung 14: Radiologische Kontrollaufnahme einer Plattenosteosynthese zur definitiven Stabilisierung der Symphyse [Tile 2005].	31
Abbildung 15: AP Beckenübersicht mit einer stabilen lateralen Kompressionsfraktur. Fraktur im Bereich des linken Os Ilium (Pfeil) und alle vier Ramus Osis pubis [Tile 2005].....	32
Abbildung 16: Historische Abbildung. a . Die geschlossene Reposition erfolgt durch Außenrotation der Hüfte mit gebeugtem Knie und direktem Druck auf dem ipsilateralen Becken. b . Schematische Darstellung auf einem CT-Scan, wie die eingebrachten Pins als Hebel benutzt werden können [Tile 1984]......	32
Abbildung 17: Historische Abbildung. a . dislozierte, rotierte Fraktur des linken Ramus superior ossis pubis mit Symphysen Unterbrechung. b . Stabilisierung der Fraktur durch einen Steinmann-Nagel [Tile 1984].	33
Abbildung 18: a) anteriore Zugänge zum Acetabulum: Ilioinguinaler Zugang (schwarze Linie), Iliofemoraler Zugang (rote Linie), modifizierter Stoppa-Zugang (blaue Linie) und Pararectus-Zugang (grüne Linie). b) posteriore Zugänge zum Acetabulum: Gibson-Zugang (gerade und zentriert über dem Trochanter major), Kocher-Langenbeck-Zugang (kranial nach dorsal angewinkelt)	37
Abbildung 19: Algorithmus AO Klassifikation. [Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2016, Thieme Verlag]	43
Abbildung 20: Studienprotokoll von Beckenring- und Acetabulumverletzungen mit und ohne Kombinationsverletzungen.....	48
Abbildung 21: Altersmittelwert in Subgruppenverteilung.....	50
Abbildung 22: Gesamte Altersverteilung	52

<i>Abbildung 23: Mittelwert der Liegedauer in den Subgruppen 1 – 8.....</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 24: ISS Mittelwert in Subgruppenverteilung.....</i>	<i>58</i>
<i>Abbildung 25: Säulendiagramme der TILE Klassifikation in den Subgruppen (%).</i>	<i>61</i>
<i>Abbildung 26: Säulendiagramm mit Komplikationen in Prozentsatz.</i>	<i>66</i>
<i>Abbildung 27: Kreisdiagramm mit Häufigkeit von Komplikationen in den jeweiligen Subgruppen (%). Subgruppenverteilt (Gruppe 1: SHT + Beckenringverletzungen; Gruppe 2: Thoraxtrauma + Beckenringverletzungen; Gruppe 3: WS + Beckenringverletzungen; Gruppe 4: SHT + Acetabulumverletzungen; Gruppe 5: Thoraxtrauma + Acetabulumverletzungen; Gruppe 6: WS + Acetabulumverletzungen; Gruppe 7: isolierte Beckenringverletzungen; Gruppe 8: isolierte Acetabulumverletzungen.....</i>	<i>67</i>
<i>Abbildung 28: Säulendiagramm mit Todesursache (%)......</i>	<i>69</i>
<i>Abbildung 29: Komplikationen bis zum OP-Datum (Y-Achse, Tage)</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 30: Postoperativer verbliebener Frakturspalt des vorderen Beckenringes; Millimeter (mm)......</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 31: Postoperativer verbliebener Frakturspalt des hinteren Beckenringes; Millimeter (mm)......</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 32: Komplikationen bis zum OP-Datum (Y Achse, Tage).....</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 33: Postoperativer verbliebener Frakturspalt des Acetabulums; Millimeter (mm)......</i>	<i>74</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Allgemeine Indikationen zur internen Fixation des Beckens [Tile 2005].</i>	35
<i>Tabelle 2: OP-Indikationen bei Acetabulumfrakturen [Tile 2003].</i>	36
<i>Tabelle 3: Operative Zugänge bei Acetabulumfrakturen [Tile 2003].</i>	37
<i>Tabelle 4: Glasgow-Coma-Scale, nach Graham Teasdale und Bryan Jannett, 1974.</i>	38
<i>Tabelle 5: Klassifikation der Schwere eines SHT nach Miller 1986.</i>	38
<i>Tabelle 6: Einteilung des Thoraxtraumas nach Behandlungsdringlichkeit [Trupka et al.]</i>	40
<i>Tabelle 7: AO Klassifikation für Wirbelsäuleverletzungen [www.aospine.org/TLclassification]</i>	42
<i>Tabelle 8: Einfaktorielle Varianzanalyse für Alter</i>	49
<i>Tabelle 9: Altersmittelwert in Subgruppenverteilung</i>	49
<i>Tabelle 10: Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur. Altersvergleich zwischen Subgruppen.</i>	51
<i>Tabelle 11: Liegedauermittelwert in Subgruppenverteilung</i>	53
<i>Tabelle 12: Einfaktorielle Varianzanalyse für Liegedauer</i>	53
<i>Tabelle 13: Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur. Liegedauer-Vergleich zwischen Subgruppen.</i>	55
<i>Tabelle 14: Mortalitätsanzahl und Gruppenprozentsatz in Subgruppenverteilt.</i>	56
<i>Tabelle 15: Erythrozytenkonzentratgabe in 3 Subgruppen geteilt: 1-6: in der ersten 6 Stunden nach dem Unfall/Aufnahme, 7-12: in der zweiten 6 Stunden nach dem Unfall/Aufnahme, 13-24: zwischen 13 und 24 Stunden nach dem Unfall/Aufnahme.</i>	57
<i>Tabelle 16: Einfaktorielle Varianzanalyse für Injury Severity Score.</i>	57
<i>Tabelle 17: Post-Hoc-Test mit Tukey-Korrektur. ISS-Vergleich zwischen Subgruppen.</i>	59
<i>Tabelle 18: Verteilung der TILE Klassifikation in den Subgruppen (%).</i>	60
<i>Tabelle 19: Klassifikation nach Letournel und Verteilung in der Subgruppe mit Acetabulumfraktur für Acetabulumverletzungen auf der rechten Seite (%).</i>	62
<i>Tabelle 20: Klassifikation nach Letournel und Verteilung in der Subgruppe mit Acetabulumfraktur für Acetabulumverletzungen auf der linken Seite (%).</i>	63
<i>Tabelle 21: Klassifikation nach Letournel und Verteilung in der Subgruppe mit Acetabulumfraktur für beidseitige Acetabulumverletzungen.</i>	64
<i>Tabelle 22: Die Exaktheit der chirurgischen Frakturreposition bei Acetabulumfraktur wird mittels des Matta Gradings angegeben.</i>	65
<i>Tabelle 23: Art der Komplikationen und Verteilung in den Subgruppen (%). ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome [Akutes Lungenversagen]); MOV (Multi-Organ Versagen); WHSt (Wundheilungsstörung).</i>	68
<i>Tabelle 24: Verteilung der Todesursache in den Subgruppen des Gesamtkollektives (%). MOV (Multi-Organ Versagen).</i>	69
<i>Tabelle 25: Unfallart und Verteilung in den Subgruppen (%).</i>	70
<i>Tabelle 26: Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer Beckenring-spalt.</i>	72

Abkürzungsverzeichnis

- **A.P.:** Antero-Posterior
- **AG Becken:** Arbeitsgemeinschaft Becken
- **AIS:** Abreviated Injury Scale
- **ANOVA:** Varianzanalyse
- **AO:** Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
- **ARDS:** Acute Respiratory Distress Syndrome (Akutes Lungenversagen)
- **ATLS:** Advanced Trauma Life Support
- **AUC:** Akademie der Unfallchirurgie
- **BDSG:** Bundesdatenschutzgesetzes
- **BGU:** Berufsgenossenschaft Unfallklinik
- **BRD:** Bundesrepublik Deutschland
- **CCF:** Comprehensive Classification of Fractures
- **CRONA-Kliniken:** Kliniken für Chirurgie, Radiologie, Orthopädie, Neurologie und Anästhesiologie.
- **CT:** Computertomographie
- **DESTATIS:** Statistische Bundesamt
- **DGU:** Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
- **EK:** Erythrozytenkonzentrat
- **GCS:** Glasgow Coma Skala
- **HKW:** Halswirbelkörper
- **HWS:** Halswirbelsäule
- **ISG:** Iliosakralgelenk
- **ISS:** Injury Severity Score
- **KBT:** Komplexe Beckentraumen
- **KI:** Konfidenzintervall
- **KIT:** Karlsruher Institut für Technologie
- **Mm:** Millimeter
- **MOV:** Multi-Organ Versagen
- **OP:** Operation
- **PKW:** Personenkraftwagen
- **SHT:** Schädel-Hirn-Trauma
- **SIAS:** Spina iliaca anterior superior
- **SI-Gelenk:** Iliosakralgelenk
- **SIRS:** Systemic Inflammatory Response Syndrome
- **WHSt:** Wundheilungsstörung
- **WS:** Wirbelsäule

1. Einleitung

1.1. Epidemiologie

1.1.1. Epidemiologie des Polytraumas

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes ereignen sich in der Bundesrepublik Deutschland jedes Jahr etwa 7-8 Millionen Unfälle mit 580.000 Schwerverletzten ¹.

In den Jahren 2015 bis 2018 traten nach Auskunft der Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS) in der Bundesrepublik Deutschland Unfälle mit insgesamt 35 Mio. Unfallverletzten und 109.594 Unfalltoten auf ¹.

Polytraumatisierte Patienten werden klassifiziert in Patienten mit einem schweren Trauma (ISS \geq 16 Punkte) und Patienten mit leichten Verletzungen (ISS $<$ 16 Punkte). Der Injury Severity Score (ISS) ist eine klinische Graduierung zur Einordnung der Schwere von Verletzungen. Bewertungsgrundlage ist der jeweilige Schweregrad der Einzelverletzungen eingeteilt nach der Körperregion. Die ISS-Werte liegen zwischen 0 (unverletzt) und 75 (polytraumatisierte Patienten). Der ISS wird als Summe der Quadrate der 3 höchsten AIS98-Codes der ISS-Körperregionenwerte gebildet, wobei per Definition ein ISS Wert größer 16 als schwerverletzter Patient gilt. Nimmt man den ISS ab 16 Punkten als Voraussetzung für das Vorliegen einer schweren Mehrfachverletzung, ereignen sich in Deutschland jährlich ca. 33.000 – 38.000 Polytraumen ^{2,3}.

Polytraumatisierte Patienten lassen sich in 2 Gruppen unterteilen: Patienten über 60 Jahre und unter 60-jährige Patienten. Trotz der Verbesserung von Verkehrssicherheitssystemen, dem Arbeitsschutz und der kontinuierlichen Verbesserung der präklinischen und innerklinischen Versorgung der Patienten, ist in der Gruppe der unter 60-Jährigen das Polytrauma die Haupttodesursache ⁴⁻⁶.

Für die traumabedingte Sterblichkeit sind 3 Hauptursachen maßgebend ⁷:

1. Sekundentod („*sudden death*“) am Unfallort durch sofortige, letale Verletzungen, wie z. B. Abscherverletzungen des Hirnstamms oder Aortenruptur mit Massenblutung.

2. Frühe Sterblichkeit innerhalb der ersten Stunden nach Trauma („*golden hour*“) durch Verletzungen der Atemwege, Spannungspneumothorax, traumatisch-hämorrhagischen Schock infolge intraabdomineller oder intrathorakaler Verletzungen oder Beckenringzerreibungen mit retroperitonealen Massenblutungen oder ein schweres Schädel-Hirn-Trauma (SHT) mit akutem Hirnödem und/oder intrakraniellen Massenverschiebungen.
3. Späte Sterblichkeit innerhalb von 2–3 Wochen nach Trauma durch Sepsis und Multiorganversagen oder durch einen therapierefraktären Hirndruckanstieg im Rahmen eines sekundären Hirnödems nach SHT ^{4,8}.

Die Prognose schwerverletzter Patienten ist direkt abhängig vom Zeitintervall zwischen Unfall und der definitiven klinischen Versorgung. Die Verkürzung von Bergungs- und Transportzeiten hat bei Polytraumapatienten zu einer erheblichen Reduktion therapiefreier Intervalle geführt, insbesondere durch die Vermeidung unnötiger Sekundärtransporte (Regel der „drei R“ nach Donald Trunkey: „*Get the Right patient to the Right hospital in the Right time*“) ^{8–10}.

Im letzten Jahrzehnt wurde, das neue „Damage Control“ Konzept zur Versorgung von schwerverletzten Patienten etabliert. Dieses Konzept basiert auf der Beobachtung, dass die posttraumatische Sterblichkeit bei dem Vorliegen einer persistierenden metabolischen Azidose, Hypothermie und Koagulopathie (sog. letale Trias) signifikant erhöht wird und sich durch langwierige chirurgische Eingriffe weiter steigert ^{4,11}.

Das „Damage Control“-Konzept umfasst vier zeitlich gestaffelte Phasen für Primärdiagnostik und Akutmanagement schwerstverletzter Patienten:

1. Lebensrettende Sofortmaßnahmen mit früher Sichtung derjenigen Patienten, die einer „Damage Control“-Prozedur bedürfen (sog. „*ground zero recognition phase*“)

2. Notoperationen zur chirurgischen Blutungskontrolle (sog. „*Operation Room phase*“)
3. Intensivmedizinisches Management zur Wiederherstellung der physiologischen und immunologischen Basisfunktionen (sog. „*Intensive Care Unit phase*“)
4. Geplante chirurgische Folgeeingriffe (sog. „*reconstructive phase*“)^{4,9,11}

Eine Studie (2069 Patienten von 1993-1997) zeigte, dass schwere Beckenverletzungen, schwere Schädel-Hirn-Traumata, relevante Thoraxtraumata und schwere Wirbelsäuleverletzungen Hauptdeterminanten für das klinische Outcome und das Überleben bei polytraumatisierten Patienten sind¹⁰.

In der gleichen Studie zeigte sich, dass bei polytraumatisierten Patienten Thoraxtraumata die häufigsten Verletzungen, gefolgt von Schädel-Hirn-, Abdomen-, Extremitäten- und Wirbelsäuleverletzungen sind. Das schwere SHT verlängerte die Beatmungszeiten und beeinflusste die intensivmedizinische Behandlungsdauer. Das Thoraxtrauma wurde durch die primärversorgenden Notärzte häufig unterschätzt, so wurde nahezu jedes 4. relevante Thoraxtrauma als leichtes oder gar kein Thoraxtrauma eingestuft. Nach Klinikaufnahme wurden mehr als die Hälfte der Fälle als relevante Thoraxtraumen eingestuft. Jeder 3. Patient mit relevantem Thoraxtrauma entwickelt ein Lungenversagen und jeder 4. Patient ein Kreislaufversagen. An der Wirbelsäule wurden 232 Lendenwirbelkörperbrüche, 143 Brustwirbelkörperbrüche, 52 Halswirbelkörperbrüche inklusive von 12 Densfrakturen diagnostiziert werden. Es traten 14 Querschnittssyndrome auf zervikalem Niveau und 58 komplette oder inkomplette Paraplegien auf^{10,12-14}.

Die qualitativ hochwertige Therapie schwerverletzter Patienten ist anspruchsvoll und nur dann erfolgsversprechend, wenn sie am Unfallort beginnt und in der Primär-, Postprimär- und Intensivbehandlung bis zur frühzeitig beginnenden multimodalen Rehabilitation interdisziplinär und interprofessionell durchgeführt wird, um die zum Teil lebensbedrohlichen Verletzungen therapieren zu können¹⁵.

Haupttodesursache bei schwerverletzten oder polytraumatisierten Patienten ist weiterhin die schwere Blutung, sodass nach dem „Damage Control Konzept“ die akute Blutstillung oberstes Gebot in der Versorgung dieser Patienten ist. Dies bedeutet, dass die definitive Versorgung der Thorax-, oder Schädel-Hirnverletzungen in der Regel vor der definitiven Versorgung einer Becken- oder Wirbelsäulenverletzung erfolgen sollte.

1.1.2. Epidemiologie der Beckenfrakturen

Beckenfrakturen sind im Vergleich zu den Frakturen anderer Körperregionen selten und stellen mit einer Inzidenz von etwa 19-37/100.000 Patienten/Jahr schätzungsweise 3-8% aller Frakturen dar^{16,17}. Es können zwei Häufigkeitsgipfel ermittelt werden. Der erste ist um das 2.-3. Lebensjahrzehnt, der zweite um das 7.-8. Lebensjahrzehnt^{18,19}. 60% der Patienten in beiden Gruppen sind Männer^{20,21}. Mit der Ausnahme von Stressfrakturen bei Sportlern und Abrissfrakturen bei Jugendlichen und Kindern, sind Beckenfrakturen bei jüngeren Patienten in der Regel das Ergebnis von Hochenergietraumata, wohingegen beim alten Menschen Niedrigenergietraumata dominieren²²⁻²⁴. Aufgrund der häufig multimorbiden älteren Patienten und der hohen Krafteinwirkung durch Hochrasanztraumata bei jungen Patienten hat das gesamte Patientenkollektiv ein erhöhtes Risiko für das Auftreten multipler Begleitverletzungen. Beckenfrakturen sind daher mit einer hohen Sterblichkeitsrate verbunden, die je nach Schwere der Fraktur sowie den damit verbundenen Begleitverletzungen erheblich variiert^{19,23}.

Im Becken-Register der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) werden Beckenverletzungen unterteilt in Monotrauma, Mehrfachverletzung und Polytrauma. Komplexe Beckentraumata (KBT) sind definiert als Beckenfrakturen, die mit lokalen pelvinen Begleitverletzungen an Gefäßen, Nerven, Weichteilen und inneren Organen des kleinen Beckens vergesellschaftet sind. Im Rahmen einer Registerstudie aus dem Becken-Register wurde bereits ein erhöhtes Mortalitätsrisiko für komplexe Beckentraumata nachgewiesen^{25,26}.

Die Mortalität bei vorhandener Beckenfraktur ist in der Literatur mit 5 - 33 % beschrieben und nimmt bei Begleitverletzungen insbesondere bei polytraumatisierten Patienten

deutlich zu. Besonders gefährdet sind dabei Patienten mit KBT mit einer Mortalität von bis zu 50 %²⁷⁻²⁹.

1.1.3. Epidemiologie der Acetabulumfrakturen

Die Entstehung von Acetabulumfrakturen wird in der Regel durch ein „Hochenergietrauma“ verursacht. Zur Entstehung der Acetabulumfraktur muss der Impact und die mit dem Trauma verbundene Energie größer sein als bei Beckenringfrakturen³⁰. Die Inzidenz von Acetabulumfrakturen in Europa ist im Laufe der Zeit konstant geblieben. Wenn man von 37/100.000 Patienten/Jahr mit Beckenfrakturen ausgeht sind hiervon nur 10% Frakturen, die das Acetabulum betreffen. Die Epidemiologie dieser Frakturen zeigt eine bimodale Altersverteilung, d.h. auch hier können zwei Häufigkeitsgipfel ermittelt werden. Der erste repräsentiert junge Patienten mit hochenergetischen Frakturen, der zweite betrifft auch wie bei den Beckenringfrakturen, ältere Patienten mit osteoporotischen Frakturen und Niedrigenergietraumata^{31,32}.

Die benötigten Kräfte zur Frakturentstehung lassen sich experimentell nur annäherungsweise bestimmen. In Untersuchungen an isolierten Beckenpräparaten waren Kräfte zwischen 850 N und 4850 N nötig um eine Fraktur im Bereich des Beckens oder Acetabulums zu verursachen³³. Bei jungen Patienten sind PKW-Unfälle die häufigste Ursache für eine Acetabulumfraktur^{34,35}. Schon Geschwindigkeiten von 35 km/h können Acetabulumfrakturen verursachen, wenn ca. 40% der kinetischen Energie übergeleitet wird³⁶.

Blum et al. konnten zeigen, dass durch die Einführung der Anschnallpflicht 1984 in Deutschland nicht nur die Inzidenz der Acetabulumfrakturen bei gleichbleibender Verkehrsunfallzahl um 36% zurückging, sondern auch der Schweregrad der Frakturen³⁶.

Acetabulumfrakturen entstehen meistens aufgrund der guten Weichteildeckung durch indirekte Frakturmechanismen mit Kraftüberleitung z.B. durch Stauchung des Femurs (so genannte Dashboard-Injuries). Dabei entstehen sogenannte „Kettenfrakturen“ mit begleitenden Verletzungen der unteren Extremität^{30,37}. Seltene Ausnahmen sind direkte

Traumen, die immer mit ausgeprägten Weichteilschäden und/oder offenen Frakturen verbunden sind.

Die indirekte Krafteinleitung kann über 4 verschiedene Angriffspunkte erfolgen ³⁰:

- Trochanter major
- Knie, bei gebeugtem Unterschenkel
- Fuß, bei gestrecktem Knie
- Dorsaler Beckenring

1.1.4. Epidemiologie des Schädel-Hirn-Traumas

Das SHT zählt zu den großen medizinischen und sozioökonomischen Problemen unserer Zeit ³⁸⁻⁴¹ und ist neben den schweren Thoraxtraumata mit dem höchsten Komplikationsrisiko während der Behandlung und der Genesung nach schweren Mehrfachverletzungen verbunden ^{10,42}.

In Deutschland wurden 2018 insgesamt 421.206 Patienten und Patientinnen wegen einem SHT vollstationär behandelt ⁴³. Es konnten zwei Häufigkeitsgipfel ermittelt werden. Der erste Gipfel liegt bei einem Alter von ≤ 15 Jahren und der zweite Gipfel bei Patienten ≥ 65 Jahre ⁴³. 53,17% der Betroffenen sind Männer ^{43,44}.

In der Altersgruppe der 29.- bis 45.-Jährigen war das SHT die Haupttodesursache und hauptursächlich für lebenslange Behinderungen ^{40,45,46}.

Bei polytraumatisierten Patienten mit Beckenring- und/oder Acetabulumfraktur wird die Häufigkeit einer Kombination mit schwerem SHT mit 33,33% angegeben ⁴⁷.

Aufgrund fehlender einheitlicher Definitionen sowie Unterschieden von Datenquellen, Dokumentation, Studienkriterien, Methodik und Berichterstattung sind die Daten zu Epidemiologie, Versorgung und Verlauf nach SHT unbefriedigend und zeigen eine hohe Variabilität ⁴⁴.

1.1.5. Epidemiologie des Thoraxtraumas

Das Thoraxtrauma ist neben dem Schädel-Hirn-Trauma (SHT) die gravierendste Verletzung, mit dem höchsten Risiko für Komplikationen während der Behandlung und Genesung nach schweren Mehrfachverletzungen ^{10,42}.

Nach Kopf- und Wirbelsäulenverletzungen sind die Thoraxtraumata mit 20% in Europa die häufigste Begleitverletzung von polytraumatisierten Patienten. 80-90% sind schwere Thoraxverletzung (AIS [Abbreviated Injury Scale] ≥ 3). Die Gesamtmortalität liegt bei etwa 20-40% ⁴⁸⁻⁵¹.

In Deutschland wurden 2018 109.680 Patienten mit Thoraxtrauma stationär behandelt. Es zeigen sich zwei Häufigkeitsgipfel, Patienten mit 45-65 Jahren und Patienten mit ≥ 65 Jahren. 51,76% der Betroffenen waren Männer ⁵².

Bei polytraumatisierten Patienten wird die Anzahl mit kombinierter Beckenring- und/oder Acetabulumfraktur und schwerem Thoraxtrauma, mit 56,4% angegeben ⁴⁷.

1.1.6. Epidemiologie der Wirbelsäulenverletzungen

In Deutschland wurden 2018 insgesamt 2.405 Patienten und Patientinnen mit Wirbelsäulenverletzung stationär behandelt ⁵³. Verletzungen des zervikalen, thorakalen und lumbalen Wirbelsäulenabschnittes werden unterschieden. 1.438 Patienten hatten zervikale Verletzungen (Patienten ≥ 65 Jahren waren am häufigsten betroffen), 70,59% der Betroffenen waren Männer ⁵³. 468 Patienten hatten Läsionen der thorakalen Wirbelsäule. Hier zeigten sich zwei Häufigkeitsgipfel, Patienten ≤ 15 Jahre und Patienten mit einem Alter ≥ 65 Jahren. 51,64% der Betroffenen waren Frauen ⁵⁴. 499 Patienten hatten lumbale Verletzungen. Es zeigten sich zwei Häufigkeitsgipfel: Einmal Patienten zwischen 15 bis 45 Jahren und dann Patienten ≥ 65 Jahre. Es gab keine geschlechtsspezifischen Unterschiede ⁵⁵.

Polytraumatisierte Patienten haben in 5% der Fälle eine Kombination von Beckenring- und/oder Acetabulumfraktur und Wirbelsäuleverletzungen ^{56,57}.

1.2. Definitionen und Klassifikationen

1.2.1. Traumaregister

Die deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) gründete 1993 das Traumaregister (TR). Teilnehmende Kliniken sind primär in Deutschland lokalisiert (ca. 90% der Kliniken), inzwischen werden auch weitere europäische und außereuropäische Länder beteiligt. Seit der Gründung des Traumaregisters wurden knapp 400.000 Behandlungsverläufen dokumentiert. 2018 konnten Daten von rund 33.000 Fällen aus über 650 Kliniken im Traumaregister der DGU erhoben werden.

2008 wurde das Traumanetzwerk der DGU gegründet. Ziel war die Sicherung und Verbesserung der Versorgung Schwerverletzter durch abgestimmte Behandlungsstandards. Die Behandlungsdokumentation wurde verpflichtend, um Daten für ein systematisches Qualitätsmanagement zu erhalten. Jährlich erhalten die beteiligten Kliniken einen Bericht, der die Daten der individuellen Klinik mit den Gesamtdaten vergleicht. Damit wurde das Traumanetzwerk der DGU zu einem wichtigen Instrument einer systematischen Qualitätsverbesserung ⁵⁸.

1.2.2. Beckenregister

Die Arbeitsgemeinschaft Becken (AG Becken) der DGU hat im Jahr 1991 ein multizentrisches prospektives Register gegründet, um die Versorgungsqualität von Beckenverletzungen zu erhöhen. Die teilnehmenden Kliniken erfassen die Daten aller Beckenverletzungen, die in den beteiligten Kliniken behandelt wurden. Die Arbeitsgruppe Becken III erfasst kontinuierlich prospektiv sämtliche Becken- und Acetabulumfrakturen in den teilnehmenden 39 Kliniken ^{25,26,59}.

Ziel des Beckenregisters ist es mit den erhobenen Daten die Behandlung für Patienten mit Beckenring- und Acetabulumverletzungen zu optimieren und aus den Ergebnissen neue wissenschaftliche Erkenntnisse abzuleiten. Bislang sind seit Start der Datenbank des Memdoc-Instituts Bern mehr als 15.000 Fälle registriert worden. Die Jahrgänge sind bis einschließlich 2017 abgeschlossen. Seit Juni 2018 sind Eingaben über die neue Maske der Akademie der Unfallchirurgie (AUC) möglich (siehe Anhang 1).

1.2.3. Diagnostik und Klassifikation der Beckenringfrakturen.

1.2.3.1. Klassifikation der Beckenringfrakturen

Verletzungen des Beckenrings werden üblicherweise nach der AO/OTA – Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Orthopaedic Trauma Association) eingeteilt ^{60–62}:

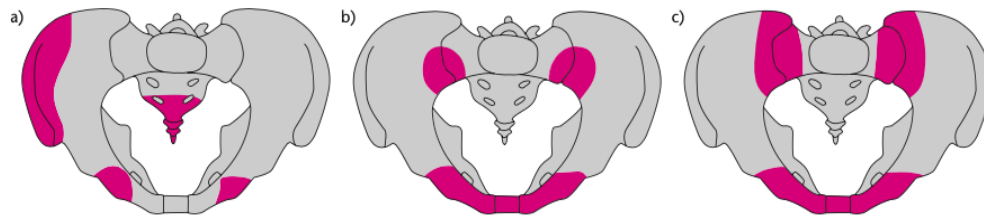


Fig. 1 Classification of pelvic ring fractures according to AO/CCF (Comprehensive Classification of Fracture). a) Type A fracture with injury of the anterior ring or the iliac crest or the sacral bone beneath the SI joints. b) Type B fracture with injury of the anterior ring and partial lesion of the posterior ring. c) Type C fracture with complete interruption of the posterior ring and possibly injury of the anterior ring.

Abbildung 1: AO Klassifikation der Beckenring-Verletzungen [Küper, Pelvic ring fractures in the elderly 2019]

Typ A – Verletzungen sind stabile, isolierte Verletzungen des Beckenrings, z.B. apophysäre Abrissfrakturen, stabile Beckenschaufelfrakturen oder stabile vordere Beckenringfrakturen sowie Querfrakturen des Os sacrum und des Os coccygis (Abb. 2).

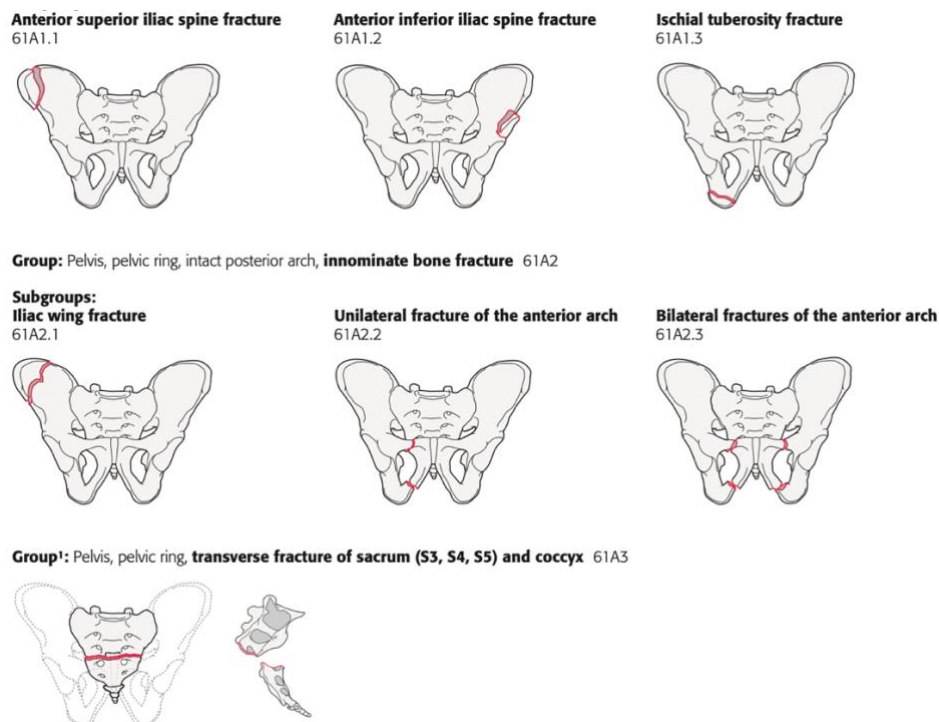


Abbildung 2: Typ-A-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³

Typ B – unvollständige Verletzungen des hinteren Beckenrings oder kombinierte Frakturen des vorderen und hinteren Beckenrings. Üblicherweise liegt Rotationsverletzung einer oder beider Beckenhälften vor. Es können Einwärtsrotationen (laterale Kompressionsfrakturen), Auswärtsrotationen ("open book" - Frakturen) oder Rotationen mit kombinierten Achsen (bucket handle) vorliegen. Die vertikale Dorsalstabilität bleibt im Wesentlichen erhalten. Die dorsalen Bandverbindungen sind intakt und verhindern Translationsbewegungen im hinteren Beckenring. (Abb. 3).

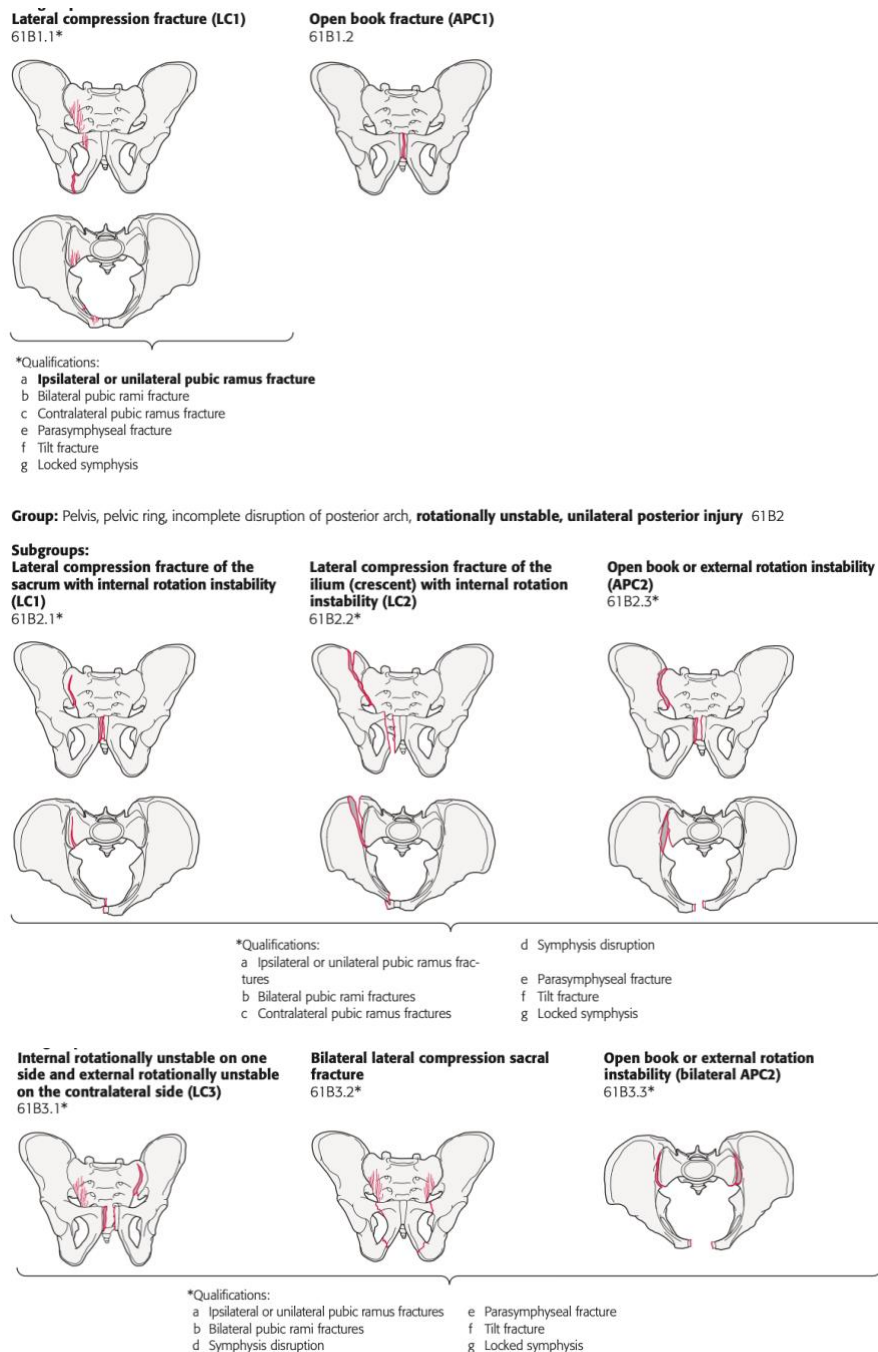
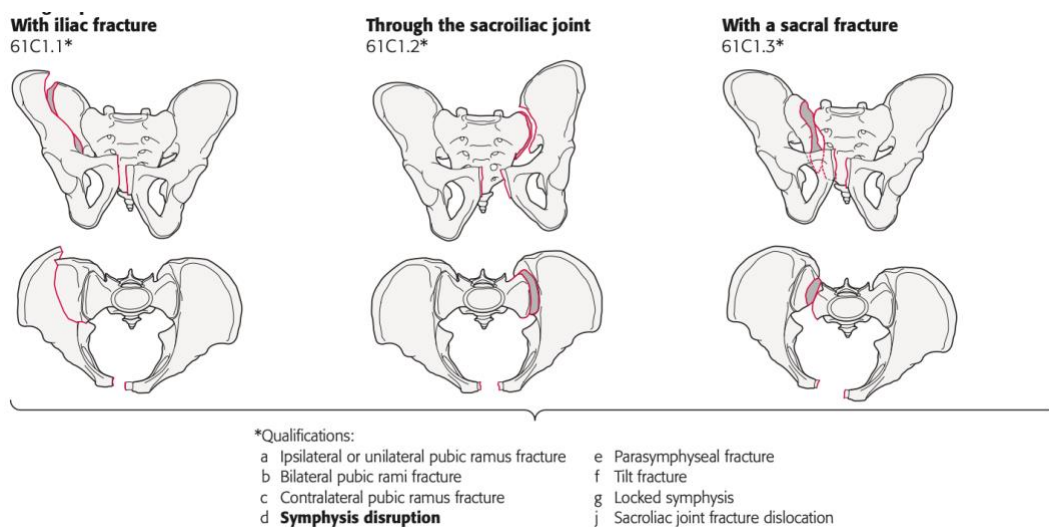


Abbildung 3: Typ-B-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³

Typ C – Verletzungen des hinteren Beckenrings oder kombinierte Frakturen des vorderen und hinteren Beckenrings sind dorsal und auch vertikal instabil. Charakteristisch ist eine mögliche Translationsbewegung einer oder beider Hälften des Beckens. Wenn die Instabilität nur auf einer Seite auftritt, handelt es sich um eine C1-Verletzung. Bei C1.1-Verletzungen wird die Instabilität durch eine Fraktur im Bereich des Os ilium verursacht. Geht die Fraktur durch das Iliosakralgelenk (ISG), handelt es sich um eine C1.2-Verletzung. C1.3-Verletzungen sind definiert als Fraktur des Sakrums mit posteriorer Instabilität. Liegt eine C1-Verletzung auf einer Seite des Beckenrings und eine B-Verletzung auf der gegenüberliegenden Seite des Beckenrings vor, wird dieses Verletzungsmuster als C2-Verletzung eingestuft. Wenn beide Seiten des Beckenrings rotatorisch und vertikal instabil sind, handelt es sich um eine C3-Verletzung (Abb. 4).
60,62,65



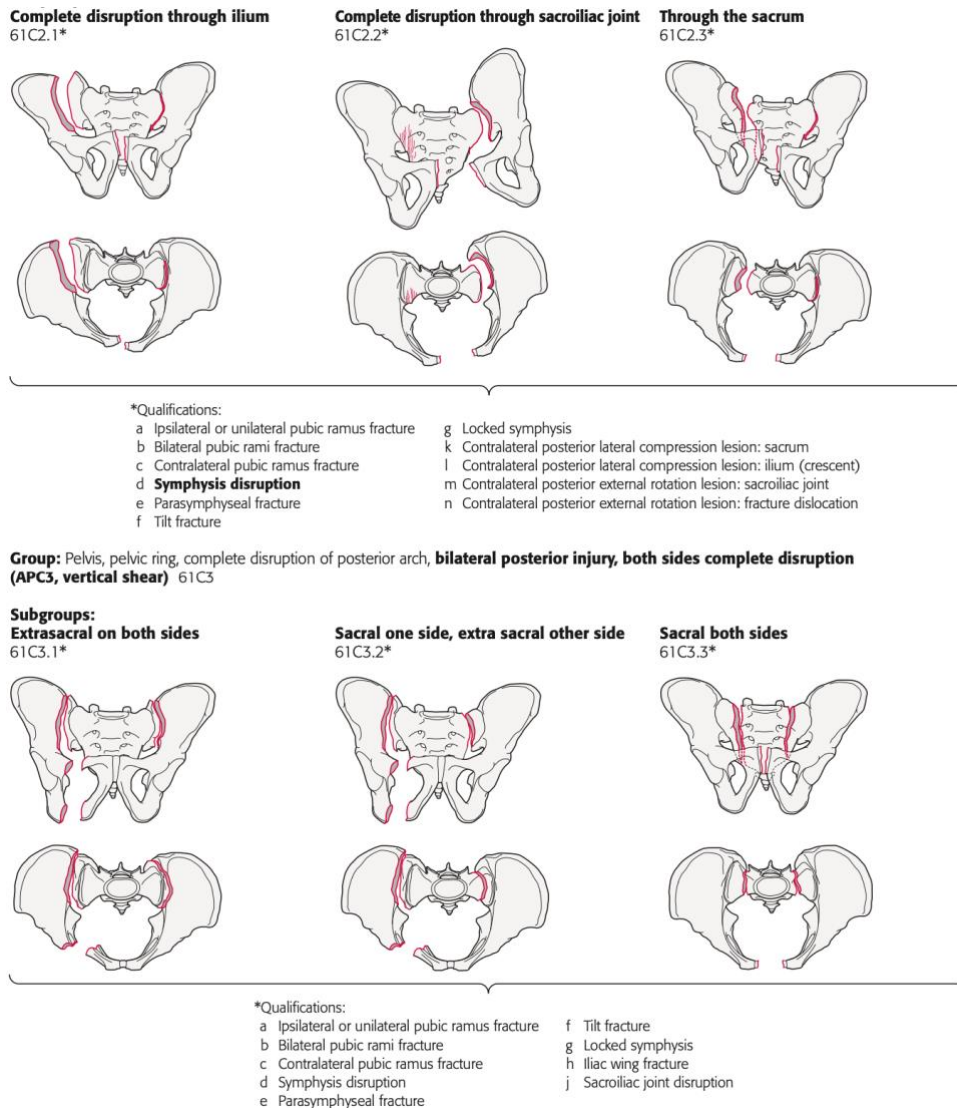


Abbildung 4: Typ-B-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³

1.2.3.2. Radiologische Diagnostik der Beckenringfrakturen

Die Projektionsradiographie kommt aufgrund ihrer schlechten Sensitivität vorwiegend bei gering Traumatisierten zum Einsatz, kann aber auch hochinstabile Beckenfrakturen detektieren. Die Computertomographie (CT)-Untersuchung stellt die diagnostische Modalität der Wahl dar (Sensitivität bis 100%). Die CT-Untersuchung erlaubt nicht nur eine Frakturklassifikation, sondern auch die sichere Mitbeurteilung assoziierter angiologischer und urologischer Verletzungen sowie Weichteileinblutungen durch den Einsatz von Kontrastmittel. Insuffizienzfrakturen des Beckens sowie Cauda- und

Plexusverletzungen können besser mit der Magnetresonanztomographie (MRT)-Untersuchung erfasst werden. Angiographie, Sonographie und nuklearmedizinische Methoden stellen zwar zusätzliche wichtige diagnostische Verfahren dar, ihr Einsatz sollte jedoch im Einzelfall geprüft werden ⁶⁶⁻⁶⁸.

1.2.3.3. Begleitverletzungen bei Beckenringfrakturen

Eine Verletzung des knöchernen Beckens und der darin lokalisierten Strukturen und Organe, ist in der Regel eine Folge starker externer Gewalteinwirkung.

Die Prognose einer Beckenverletzungen wird durch das Vorliegen peripelviner Begleitverletzungen entscheidend verschlechtert. Die Häufigkeit dieser Begleitverletzungen variiert in der Literatur zwischen 1,4% – 71,8% ⁶⁹.

Peripelvine Begleitverletzungen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: Intra- und extrapelvine Verletzungen. Intrapelvine Begleitverletzungen sind Mitverletzungen intraabdomineller Organe, Urogenitalverletzungen und Verletzungen pelviner Nerven und Gefäße. Die häufigste extrapelvine Begleitverletzung ist die Thoraxverletzung, gefolgt vom SHT ⁴⁷.

In der Phase einer akuten Beckenverletzung sind Massenblutungen aus großen Gefäßen, verletzten Hohlorganen oder retroperitoneale Blutungen aus dem sakralen Venenplexus prognostisch entscheidend. Peripelvine Weichteilschäden, Nerven- und Plexusläsionen sowie Verletzungen des Urogenitalsystems spielen in der Akutphase eine prognostische untergeordnete Rolle, können jedoch das klinische Ergebnis im Gesamtverlauf negativ beeinflussen ^{20,69-74}.

1.2.4. Diagnostik und Klassifikation der Acetabulumfrakturen.

1.2.4.1. Klassifikation der Acetabulumfrakturen

Acetabulumfrakturen wurden 1981 von Judet/Letourne klassifiziert (Abb. 3). Heutzutage erfolgt üblicherweise die Typisierung nach dieser Klassifikation und in Ausnahmefälle nach AO (Abb. 5) ^{60,61,75}

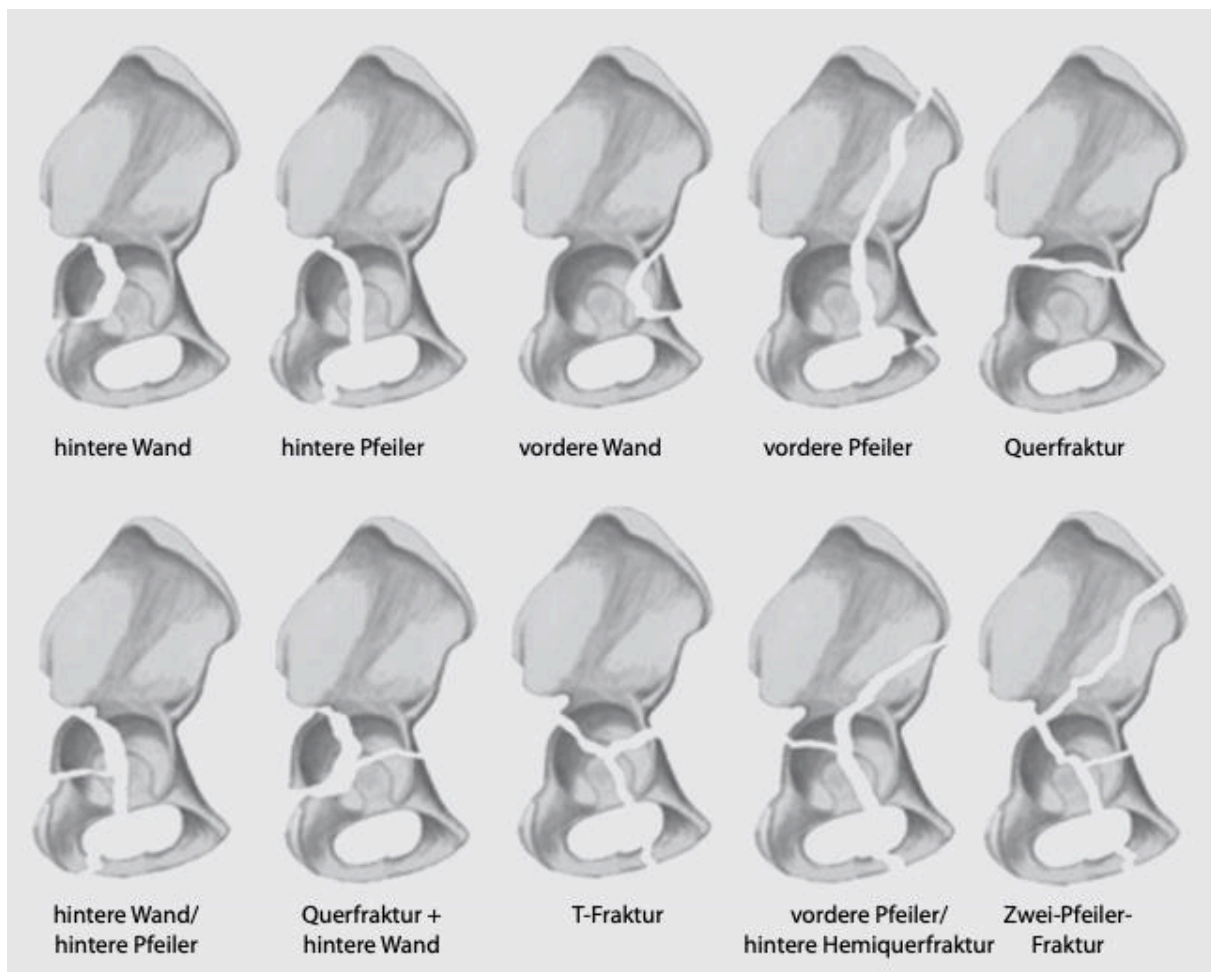


Abbildung 5: Klassifikation der Acetabulumfrakturen nach Judet/Letourne [Gänsslen, Acetabulumfrakturen 2011]

Die Frakturen werden gemäß AO/OTA (A, B und C) in der Reihenfolge zunehmender Schwere klassifiziert. Im Bereich des Acetabulum sind jedoch Typ B Frakturen komplexer als Typ C Frakturen.

Man unterscheidet folgende Subtypen:

Typ A – Partielle Gelenkfrakturen, nur ein Pfeiler ist betroffen.

A1: Fraktur der hinteren Wand A2: Fraktur des hinteren Pfeilers A3: Fraktur der vorderen Wand oder des vorderen Pfeilers (Abb. 6).

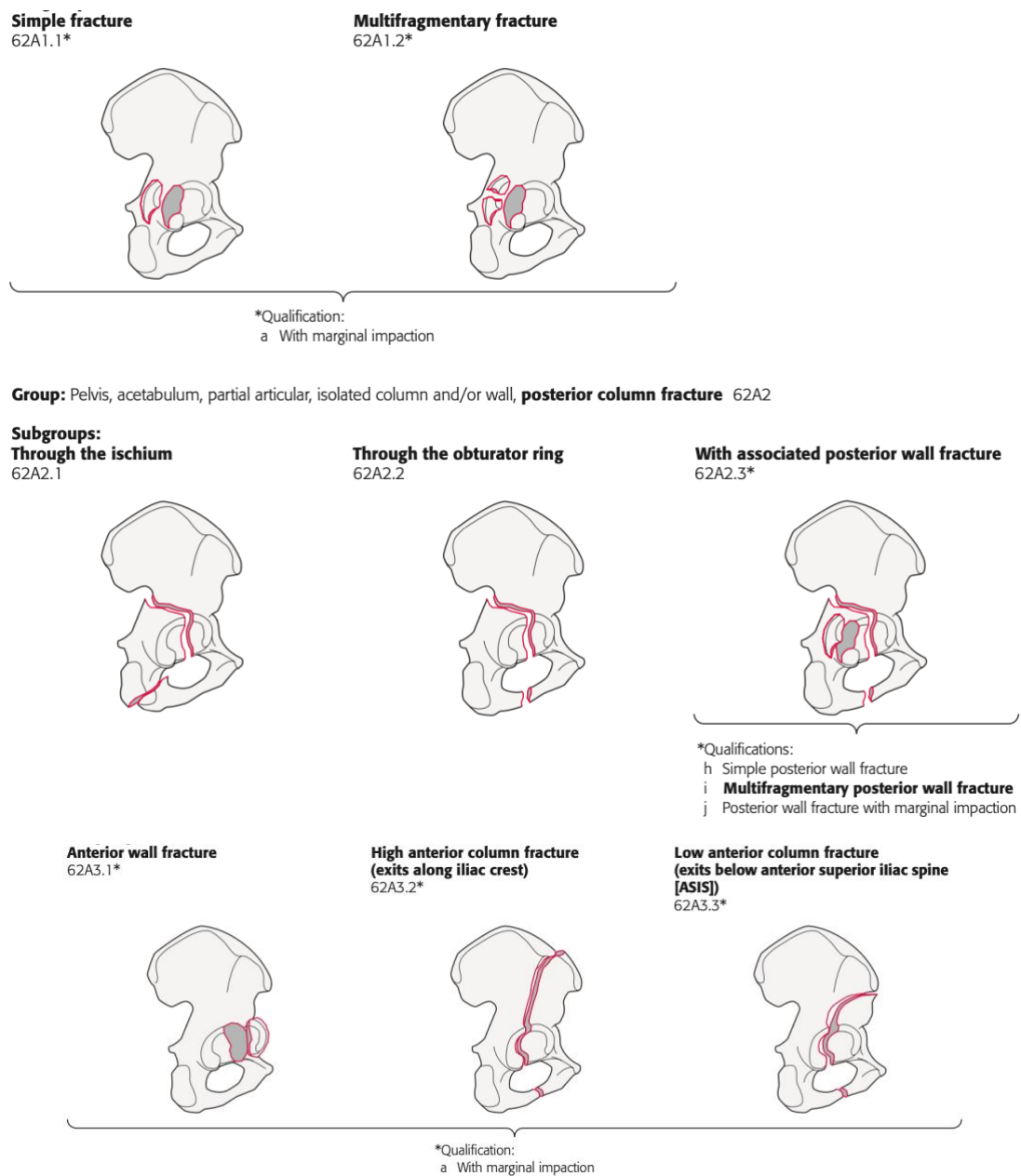


Abbildung 6: Typ-A-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³

Typ B – Partiiell instabile Gelenkfrakturen (Quer- oder T-Fraktur, beide Pfeiler sind betroffen). B1: Querbruch mit intaktem Obturatorring, B2: T-förmiger Bruch mit intaktem Obturatorring, B3: Vorderer Pfeiler plus posteriore Hemitransversfraktur (Abb. 7).

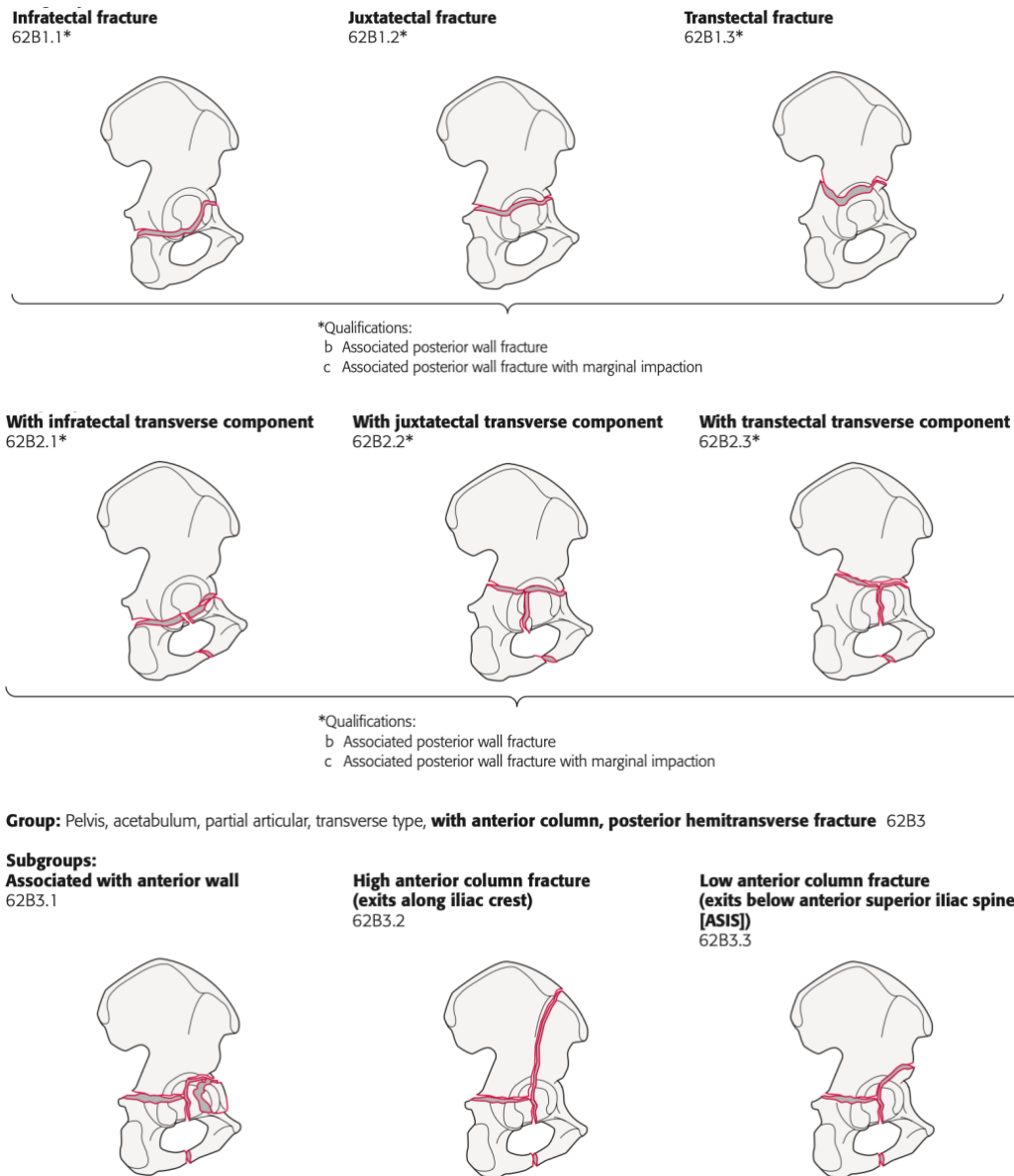


Abbildung 7: Typ-B-Frakturen nach AO/OTA2018 ⁶³

Typ C – Komplette instabile Gelenkfraktur (beidseitige Fraktur; „floating“ Acetabulum).
 C1: beidseitige Fraktur, hohe Iliumvariante, C2: beidseitige Fraktur, tiefe Iliumvariante,
 C3: beidseitige Fraktur mit Beteiligung des Iliosakralgelenks (Abb. 8)⁷⁵.

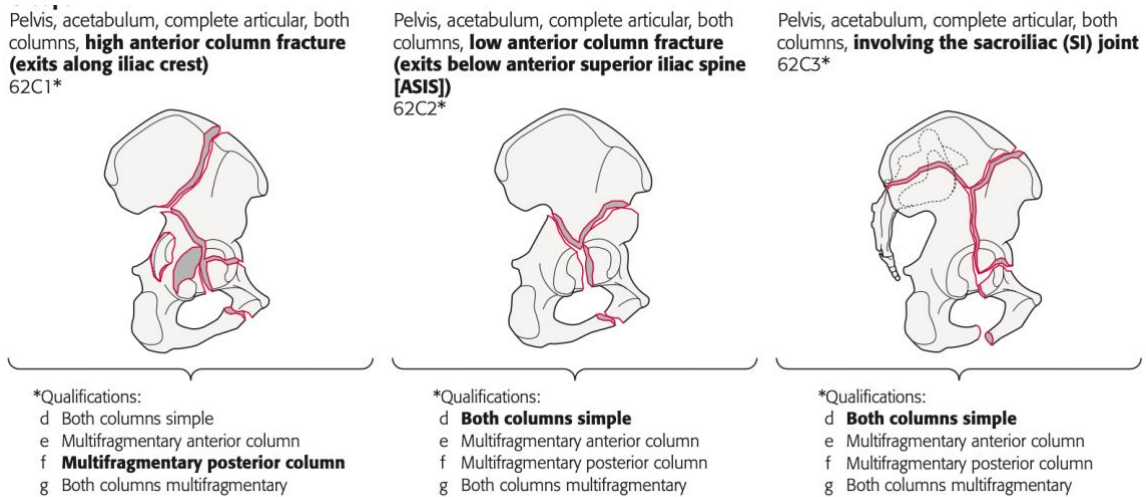


Abbildung 8: Typ-C-Frakturen nach AO/OTA2018⁶³

1.2.4.2. Radiologische Diagnostik bei Acetabulumfrakturen

Die Computertomographie ist der Goldstandard bei der Diagnostik und Klassifikation von Acetabulumfrakturen. A.P. Beckenübersichtsaufnahme sowie eine Ala-/Obturatoraufnahme der betroffenen Seite haben eine Bedeutung in der Verlaufskontrolle nach operativer Versorgung oder zur Diagnostik von stark dislozierten Frakturverläufen⁷⁵.

1.2.4.3. Begleitverletzungen bei Acetabulumfrakturen

Anders als bei den Beckenringfrakturen haben bei den Acetabulumfrakturen die mit der Fraktur verbundenen Begleitverletzungen aus dem Beckenraum eine zweitrangige Bedeutung. Fernandes⁷⁶ beschrieb Extremitäten- und Schädelhirnverletzungen als die häufigste extrapelvine Begleitverletzungen aufgrund des hochenergetischen Traumamechanismus.

1.3. Versorgungsverfahren bei Beckenring- und Acetabulumfrakturen

1.3.1. Notfallstabilisierung der Beckenfrakturen

Instabile Beckenringverletzungen gehen mit einer Zerreißung des hinteren Beckenrings und ausgedehnten vital bedrohlichen retroperitonealen Blutungen aus den venösen prsakralen und paravesikalen Plexus sowie aus dem Frakturareal einher. Sie erfordern eine notfallmäßige sofort Therapie mit geschlossener Reposition des Beckenrings und externer Fixierung z.B. mit einem Beckengurt zur Blutungskontrolle (Abb. 9). Im Krankenhaus erfolgt die weitere Notfallrefixation durch einen supraacetabulren Fixateur externe (Abb. 10a u. b) ggf. in Kombination mit einer Verschraubung des Iliosakralgelenkes zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings^{15,77,7879}.



Abbildung 9: Notfallmäßige Stabilisierung des Beckens mittels Beckengurts [Felix et al. Blutungskontrolle bei Beckenverletzungen 2016]

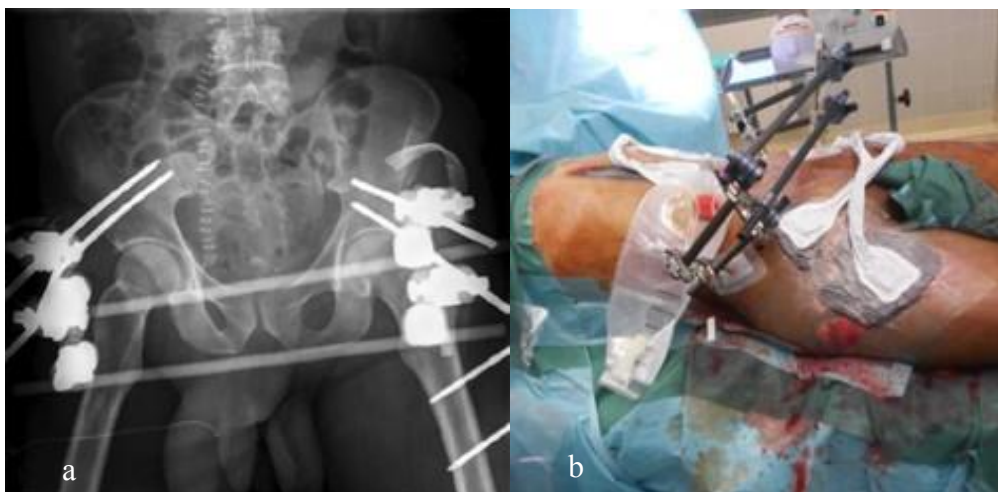


Abbildung 10: a) Radiologische Kontrollaufnahme einer instabilen Beckenfraktur mit ventralem Fixateur externe zur notfallmäßigen Stabilisierung des Beckens. b) postoperatives Bild nach Stabilisierung des Beckenrings mittels Fixateurs externe. [Felix et al. Blutungskontrolle bei Beckenverletzungen 2016]

1.3.2. Definitive Versorgung von Beckenring- und Acetabulumfrakturen

Konservative Therapie von Beckenring- und Acetabulumfrakturen

Unabhängig von der Frakturmorphologie ist nur dann eine konservative Behandlung sinnvoll, wenn der Beckenring stabil und nicht oder nur minimal verschoben ist ⁶⁵.

Eine *Typ-B-Verletzung des Beckens* kann trotz partieller dorsaler Instabilität dann konservativ behandelt werden, wenn der Os pubis Abstand im Bereich der Symphyse < 2,5 cm beträgt. Zeigt sich jedoch eine anhaltende und starke Schmerzsymptomatik oder im Verlauf eine zunehmende posteriore Frakturdislokation unter konservativer Therapie, besteht sekundär die Indikation zur operativen Behandlung.

Operative Therapie von Beckenring- und Acetabulumfrakturen

Die operative Versorgung des Beckenringes ist dann indiziert, wenn eine instabile Verletzung vorliegt (Typ B oder C) oder eine konservativ therapierte Typ B Verletzung im Verlauf sekundär disloziert. Hierbei ist das Ziel die Stabilisierung des Beckenringes, um eine frühzeitige Mobilisation und Schmerzreduktion zu ermöglichen ^{19,65,80}.

Eine operative Versorgung von Acetabulumfrakturen ist in der Regel dann indiziert, wenn eine Dislokation der Fragmente eine Stufenbildung der Hüftgelenkspfanne verursacht ⁸¹⁷⁵.

Das Hauptqualitätsmerkmal einer operativen Versorgung von Acetabulumfrakturen ist das postoperative Repositionsergebnis. Dieses wird durch das „Matta Grading“ erfasst, welches postoperative Stufenbildungen im Gelenk beurteilt und klassifiziert ^{61,82–85}.

1.3.2.1. Therapie der Beckenringfrakturen

1.3.2.1.1. Stabile Frakturen (Typ A)

Theoretisch können alle Typ A Frakturen konservativ behandelt werden, mit Ausnahme der folgenden Fälle:

- Ausrissfrakturen der Crista iliaca (A1) (häufig bei jungen Sportlern), wenn die Fraktur weit verschoben ist (> 2 cm). Es sollte dann mit einer Zugschraube die Fixierung des Fragmentes erfolgen.
- Frakturen der Beckenschaufel mit großer Dislokation (A2), können, nach ausführlicher Aufklärung der Patienten über konservative Therapiealternativen operativ fixiert werden, da häufig ästhetisch störende Beckenkammfehlstellung verbleiben können.
- Transversale Sakrumfrakturen (A3), mit einer großen Verschiebung und/oder neurologischem Defizit des Plexus sacralis benötigen eine Frakturreduktion mit oder ohne Dekompression. Auf Begleitverletzungen der Wirbelsäule sollte geachtet werden.

1.3.2.1.2. Außenrotationfrakturen „Open Book“ (Typ B1)

Diese Verletzung kann uni- oder bilateral auftreten, die Behandlung ist jedoch vom Verletzungsausmaß abhängig. Die Unterbrechung des vorderen Beckenringes im Bereich der Symphyse wird eingeteilt in Unterbrechungen von $\leq 2,5$ cm oder $> 2,5$ cm.

Bei einer Unterbrechung im Bereich der Symphyse von weniger als 2,5 cm ist keine spezifische operative Behandlung angezeigt, da eine solche Verletzung in der Regel keine posteriore Unterbrechung des Beckenringes und intakte Ligamenta sacrospinale haben (Abb. 11). Mittels konservativer Therapie (z.B. Bettruhe bis zur Schmerzlinderung) tritt meist eine Heilung ein, nur wenige Patienten klagen anhaltend über posttraumatische Symptome oder Schmerzen.



Abbildung 11: „Open Book“ Verletzung mit intakten Ligamenta sacrospinale. [Klinik für Traumatologie Universitätsspital Zürich]

Wenn der Abstand des vorderen Beckenringes im Bereich der Symphyse $> 2,5$ cm beträgt (Abb. 12), gibt es mehrere Möglichkeiten der operativen Versorgung die im Folgenden erläutert werden:

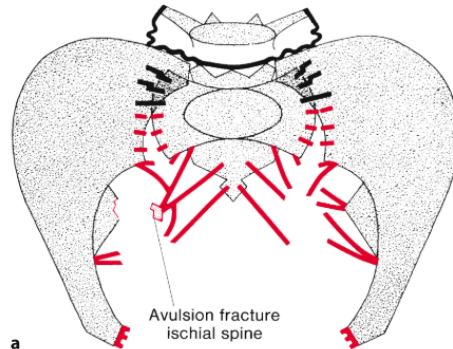


Abbildung 12: „Open Book“ Verletzung mit Riss der Ligamenta sacrospinale. [Pennal, G., Tile, M., Waddell, J., Garside, H.(1980)]

1.3.2.1.2.1. Fixateur Externe.

Hier können die Schanz-Schrauben entweder supraacetabulär oder am Beckenkamm platziert werden. *Technik:* ungefähr 2 cm distal und medial der Spina iliaca anterior superior (SIAS) wird eine ca. 2 cm lange Inzision durchgeführt. Für die supraacetabuläre Platzierung werden die Schanz-Schrauben von der SIAS Richtung SI-Gelenk eingebracht. Für die Platzierung der Schanz-Schrauben am Beckenkamm werden die Schrauben in die Crista iliaca eingebracht (bevorzugt im ventralen Drittel des Beckenkamms, aufgrund der besseren Knochenstruktur) (Abb. 9a-b). Sobald die Schanzschen Schrauben korrekt positioniert wurden erfolgt die geschlossene Reposition der Fraktur und die Fixierung in der reponierten Stellung durch Querverbindungskarbonstäbe (Abb. 13c-d).

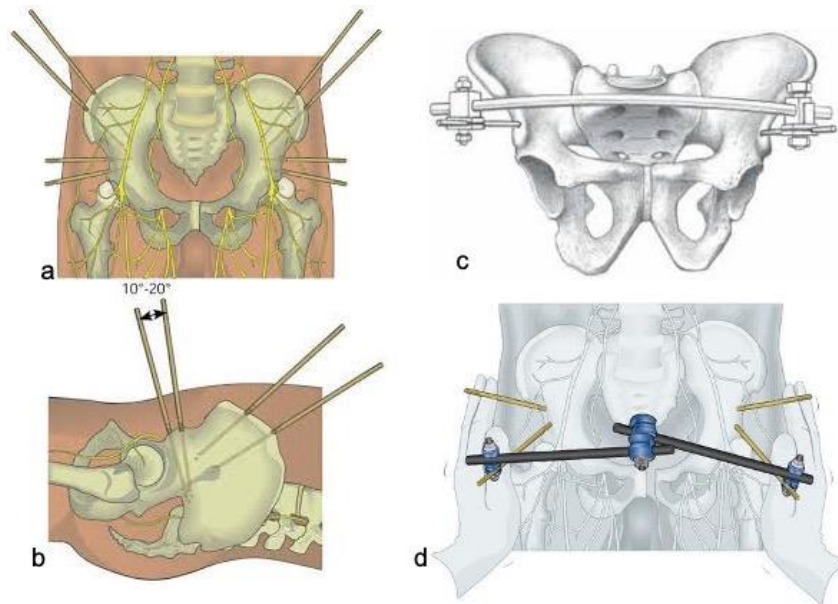


Abbildung 13: **a-b** Schanz-Schrauben-Platzierung für Fixateur externe des Beckens. **c** gebogene Fixateur Stange. **d** Kohlenstoffstäbe mit Spannringverbindung.
 [Großer und Mittlerer Fixateur Externe. Modulare Stabsysteme, Depuy Synthes]

1.3.2.1.2.2. Fixateur Interne.

Die Plattenosteosynthese kommt in der Regel in Fällen einer kombinierten Beckenringverletzung mit einer intraabdominellen Verletzung zum Einsatz oder bei persönlicher Präferenz des Operateurs. Hierfür wird die Symphyse mittels Plattenosteosynthese stabilisiert, insbesondere bei partiell instabilen Verletzungen der vorderen Beckenring (Abb. 14).



Abbildung 14: Radiologische Kontrollaufnahme einer Plattenosteosynthese zur definitiven Stabilisierung der Symphyse [Tile 2005].

1.3.2.1.3. Innenrotationsfrakturen „laterale Kompression“ (Typ B2)

Laterale Kompressionsfrakturen sind normalerweise partiell stabil. Diese Verletzungen sind in der Regel mit einer Unterbrechung des hinteren Beckenringes und einem stabilen Beckenboden vergesellschaftet. Eine operative Therapie ist bei jungen Patienten mit einer Beinlängendifferenz $> 2,5$ cm oder einer ausgeprägten Innenrotation, die durch eine Außenrotation der Hüfte nicht ausgeglichen werden kann, sowie „Bucket-Handle“-Verletzungen (Os ilium Fraktur und kontralaterale Os pubis Fraktur) indiziert (Abb. 15).



Abbildung 15: AP Beckenübersicht mit einer stabilen lateralen Kompressionsfraktur. Fraktur im Bereich des linken Os Ilium (Pfeil) und alle vier Ramus Ossis pubis [Tile 2005].

Die Reposition bei diesem Frakturtyp erfolgt in der Regel durch manuelle Außenrotation (Abb. 16a) oder über perkutan ipsilateral eingebrachte Pins im Bereich des Os ilium (Abb. 16b). Die Stabilisierung erfolgt über einen Fixateur externe. Ist die geschlossene Reposition nicht möglich, erfolgt eine offene Reposition und interne Fixierung.

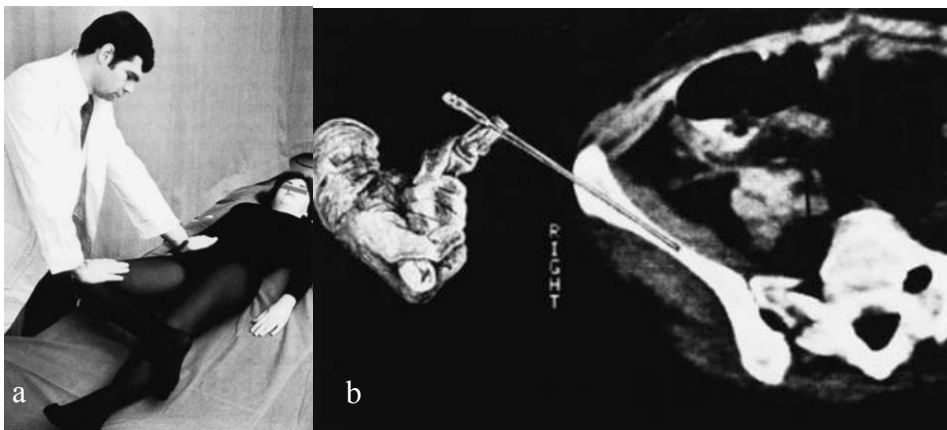


Abbildung 16: Historische Abbildung. **a.** Die geschlossene Reposition erfolgt durch Außenrotation der Hüfte mit gebeugtem Knie und direktem Druck auf dem ipsilateralen Becken. **b.** Schematische Darstellung auf einem CT-Scan, wie die eingebrachten Pins als Hebel benutzt werden können [Tile 1984].

Eine primär offene Reposition ist nur in seltenen Fällen, zum Beispiel bei einer knöchernen Protrusion des Os pubis in das Perineum (insbesondere bei Frauen), indiziert. Durch Fixierung der instabilen Anteile im Bereich des Os pubis mit einem Steinmann-Nagel kann diese Verletzung stabilisiert werden (Abb. 17a u. b). Der Nagel kann nach 6 Wochen entfernt werden.

Sollte der Defekt im Ramus ossis pubis so groß sein, dass er so nicht reponiert werden kann, ist eine offene Reposition und interne Fixation indiziert. Sollte der Defekt im Bereich der Beckenschaufeln so groß sein, dass die Kontur des Beckenkamms gestört ist, kann eine Plattenosteosynthese dies ästhetisch korrigieren.

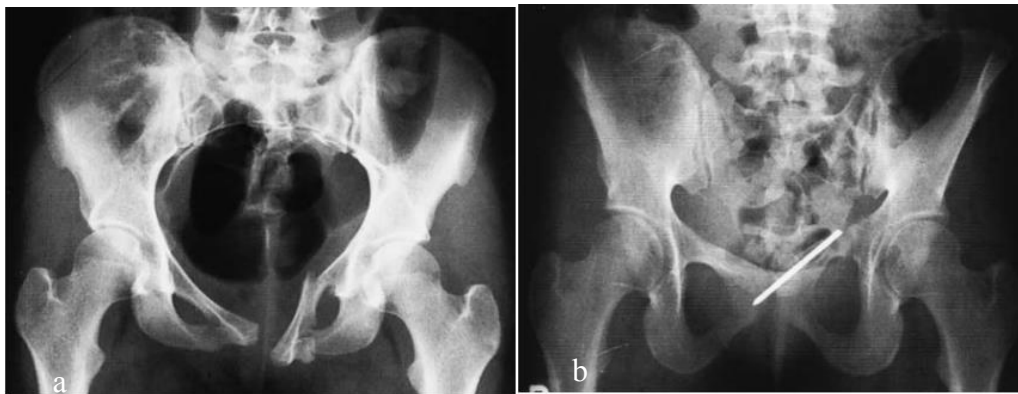


Abbildung 17: Historische Abbildung. **a.** dislozierte, rotierte Fraktur des linken Ramus superior ossis pubis mit Symphysen Unterbrechung. **b.** Stabilisierung der Fraktur durch einen Steinmann-Nagel [Tile 1984].

1.3.2.1.4. Instabile Frakturen (Typ C)

Bei instabilen Verletzungen kann der Großteil der Patienten durch einen Fixateur externe und Traktion über diesen, sicher behandelt werden. Diese Fixierung sollte für insgesamt ca. 6-8 Wochen belassen werden. Die Reposition und Stellung der Fraktur sollte durch regelmäßige Beckenübersichtsaufnahmen kontrolliert werden.

Die Plattenosteosynthese bietet in viele Fällen Vorteile:

- Anatomische Reposition und stabile Fixierung, vermindert das Pseudarthrosrisiko
- Biomechanisch stabilere Fixierung

- Sichere und moderne OP-Techniken (minimal invasiv, Navigation, Durchleuchtung) vermindern das Risiko für Weichteilverletzungen
- Frühere Mobilisierung und kürzerer Krankenhausaufenthalt verbessern das Outcome

Diese Behandlungsmethode hat auch Risiken:

- Durch den Verlust der Tamponade bei dieser OP-Technik kann es zu massiven Blutungen aus den venösen prä-sacralen Plexus und selten aus der A. glutealis superior kommen, welche bei instabilen Beckenringfrakturen häufig in Mitleidenschaft gezogen ist.
- Septische Verläufe v.a. bei posteriorem Zugang aufgrund des erhöhten Risikos von Wundrandnekrosen (hier Verbesserung durch perkutane Techniken).
- Iatrogene Verletzung von Nerven, Gefäßen und viszeralen Organen.
- Neurologische Schäden, verursacht durch Schrauben, die in das Foramen Sacrale oder in den Spinalkanal eingebracht wurden ^{65,80,86-94}.

Allgemein ist eine frühzeitige Frakturstabilisierung bei instabilen Beckenfraktur zwar von Vorteil. Eine Verlängerung der OP Zeit kann bei polytraumatisierten Patienten jedoch zu einer Verschlechterung des Gesamtzustandes führen („lethal triad“: Hypothermie, Verbrauchskoagulopathie, Azidose).

Die allgemeinen Indikationen zur offenen, internen Fixation des Beckenrings sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Indikationen zur posterioren Fixation von Beckenringfrakturen	Indikationen zur anterioren Fixation der Symphyse und Fraktur der Ramii ossis pubis
Instabiler Iliosakralkomplex mit Dislokation >1 cm, insbesondere bei transartikulären Frakturen im Bereich des Iliosakralgelenkes (ISG)	Symphysen Unterbrechung bei instabilen Beckenfrakturen (Typ C)
Offene Frakturen mit posterioren (nicht perinealen) Wunden	Symphysen Unterbrechung > 2,5 cm
Instabiler hinterer Beckenring in Verbindung mit Acetabulumfrakturen	Gleichzeitige Durchführung einer Laparotomie bei viszeralen Begleitverletzungen
	Eingeklemmte Symphyse
	Fraktur Ramii ossis pubis
	Begleitverletzung der A. femoris oder des N. femoralis
	Dislozierte Fraktur des Os pubis mit Protrusion zur Vagina
	Deutliche Dislokation (Typ C)

Tabelle 1: Allgemeine Indikationen zur internen Fixation des Beckens [Tile 2005].

1.3.2.2. Osteosynthese bei Acetabulumfrakturen

Das Ziel einer Osteosynthese bei Acetabulumfrakturen ist eine anatomische Reposition und Wiederherstellung der Gelenkkongruenz, möglichst stufen- (<1 mm) und spaltfrei (<2 mm). Eine funktionelle Nachbehandlung und axiale Teilbelastung nach einem Zeitraum von 8 – 12 Wochen sollte erzielt werden⁹⁵⁻⁹⁷.

Die Indikationen für eine Acetabulumosteosynthese sind in Tabelle 2 zusammengefasst⁷⁵:

Instabile und/ oder inkongruente Hüfte
1. Instabilität: Hüftluxation in Verbindung mit
a. Verschiebung der hinteren Wand oder Pfeiler
b. Verschiebung der vorderen Wand oder Pfeiler
2. Inkongruenz
a. Frakturen durch das Pfannendach
i. Disloziertes Pfannendachfragment
ii. Quer- oder T-Typ Fraktur
iii. Zwei-Pfeiler Fraktur
b. Einklemmte Knochenfragmente
c. Dislozierte Femurkopffrakturen
d. Weichteilinterposition

Tabelle 2: OP-Indikationen bei Acetabulumfrakturen [Tile 2003].

Zur Behandlung von Acetabulumfrakturen gibt es verschiedene operative Zugänge. Die Auswahl des entsprechenden Zuganges richtet sich nach dem vorliegenden Fraktur-Typ. In Tabelle 3 sind die Leitlinien (Tile 2003) zur Auswahl des OP Zuganges zusammengefasst (Abb. 18a u. 18b)^{75,95-99}.

Fraktur Typ	Zugang
Acetabulumfrakturen, mit Dislokation des vorderen Pfeilers Quer- oder T-Typ Frakturen	<ul style="list-style-type: none"> - Ilioinguinaler Zugang - Iliofemoraler Zugang - Modifizierter Stoppa-Zugang - Pararectus-Zugang
Acetabulumfrakturen, mit Dislokation des hinteren Pfeilers Quer- oder T-Typ Frakturen	<ul style="list-style-type: none"> - Gibson-Zugang - Kocher-Langenbeck-Zugang

Tabelle 3: Operative Zugänge bei Acetabulumfrakturen [Tile 2003].

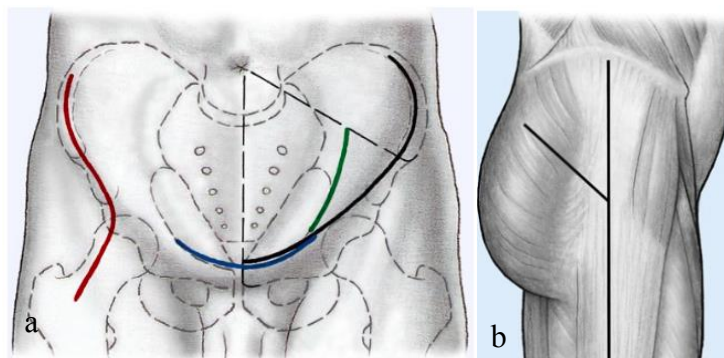


Abbildung 18: a) anteriore Zugänge zum Acetabulum: Ilioinguinaler Zugang (schwarze Linie), Iliofemoraler Zugang (rote Linie), modifizierter Stoppa-Zugang (blaue Linie) und Pararectus-Zugang (grüne Linie). b) posteriore Zugänge zum Acetabulum: Gibson-Zugang (gerade und zentriert über dem Trochanter major), Kocher-Langenbeck-Zugang (kranial nach dorsal angewinkelt)

1.4. Einteilung der Begleitverletzungen

Im Datenerhebungsbogen des Beckenregisters werden verschiedene begleitende Verletzungsparameter dokumentiert. Diese sind: Schädel-Hirn-, Gesichts-, Thorax-, Abdomen-, Wirbelsäulen-, Becken-, obere Extremitäten-, untere Extremitäten und Weichteilverletzungen. In dieser Arbeit werden die oben genannten Begleitverletzungen zum besseren Verständnis aufgeteilt und klassifiziert.

1.5. Einteilung und Klassifikation des Schädel-Hirn-Traumas

Das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) kann in 3 Schweregrade unterteilt werden (siehe Tabelle 5) ^{46,100,101}. Die Einschätzung dieser Schweregrade kann orientierend anhand der Glasgow Coma Skala (GCS) erfolgen. Die GCS hat sich als ein weltweites Bewertungsschema für das SHT bewährt. Sie besteht aus 3 Kriterien (Öffnen der Augen,

beste verbale Reaktion, beste motorische Reaktion) anhand derer durch die Aufaddierung des bestmöglichen Ergebnisses minimal 3 bis maximal 15 Punkte erzielt werden können (siehe Tabelle 4).

Punkte	Augen öffnen	Verbale Kommunikation	Motorische Reaktion
6	-	-	befolgt Aufforderungen
5	-	Konversationsfähig, orientiert	gezielte Schmerzabwehr
4	Spontan	Konversationsfähig, desorientiert	ungezielte Schmerzabwehr
3	auf Aufforderung	Unzusammenhängende Worte	auf Schmerzreiz Beugesynergismen (abnormale Beugung)
2	Auf Schmerzreiz	Unverständliche Laute	auf Schmerzreiz Streckesynergismen
1	Keine Reaktion	Keine verbale Reaktion	keine Reaktion auf Schmerzreiz

Tabelle 4: Glasgow-Coma-Scale, nach Graham Teasdale und Bryan Jannett, 1974.

Schwere Grad SHT	Punkte GCS
Schwer	3-8
Mittel	9-12
Leicht	3-15

Tabelle 5: Klassifikation der Schwere eines SHT nach Miller 1986.

Die Prognose eines schweren SHT ist ungünstig. Etwa ein Drittel der Patienten versterben, ein weiteres Drittel bleibt in unterschiedlichem Maße behindert, davon einige im „permanent vegetative state (wenn eine Person wach ist, aber keine Anzeichen von Bewusstsein zeigt, und zwar für mehr als 6 Monate, wenn es sich um eine nicht traumatische SHT handelt, oder für mehr als 12 Monate, wenn es sich um eine traumatische SHT handelt.)“. Nur etwa 33% der Patienten mit einem schweren SHT zeigen im Verlauf eine adäquate Genesung^{102,103}.

1.6. Einteilung und Klassifikation des Thoraxtraumas

Ein schweres, stumpfes Thoraxtrauma führt zu Kontusionen oder Einrissen des Lungengewebes, intrapulmonalen Blutungen und einem Alveolarkollaps. Es beeinträchtigt die Lungenfunktion und Atemfunktion massiv. Durch eine verringerten Lungencompliance und/oder Thoraxwandinstabilität und der daraus resultierenden beeinträchtigten Perfusions-/ Beatmungsbeziehung erhöht sich die Atemarbeit extrem^{104,105}.

Ein Thoraxtrauma kann durch drei stumpfe Kraftarten verursacht werden: Kompression, Scherkraft und Stoß bzw. Detonationskräfte.

- Thoraxtrauma vom Kompressionstyp: Führen typischerweise zu Rippenfrakturen wenn die auftretende Kraft die Widerstandskraft des Brustkorbes überschreitet. Der Bereich in dem die Rippen die geringste Widerstandskraft besitzen, befindet sich in 60° Rotation vom Sternum. In diesem Areal flachen die Rippen zunehmend ab und sind weniger durch das Sternum oder die Brustwirbelsäule gestützt. Rippen brechen häufig an 2 Stellen, wenn sie lateralen oder anteroposterioren (AP) Kräften ausgesetzt sind: Bei ca. 60° und in ihrem anterolateralen Anteil. Dies kann zu einem sogenannten „flail chest“ bei Rippenserienfrakturen, oder zu einem „sternal flail“ bei AP Kompression und costochondralen Läsionen führen¹⁰⁶. Beide Mechanismen stellen lebensbedrohliche Verletzungen dar.
- Scherkräfte im Bereich des Thorax: Führen zu Weichteil- und Gefäßverletzungen, als Antwort auf eine schnelle Akzeleration oder Dezeleration, da Weichteil- und Gefäßbewegungen durch ihre anatomischen Anhaftungen eingeschränkt sind. Kommt es zu einem Overload der Reißfestigkeit dieser anatomischen Anhaftungsstellen, werden Gefäße und/oder weichteilige Strukturen abgerissen und es kann zu schwerwiegenden Verletzungen dieser Strukturen kommen. Dieser Trägheitseffekt ist für eine der tödlichsten Thoraxverletzungen verantwortlich: Die Aortenruptur. Die Aorta descendens ist durch das Ligamentum arteriosum und die darunter liegenden Wirbelkörper fixiert. So kommt es bei entsprechend schneller Akzeleration und/oder Dezeleration überdurchschnittlich häufig zu Rupturen am Übergang des

beweglicheren Aortenbogens zu der weniger beweglichen Aorta descendens. Scherverletzungen im Bereich des Lungenparenchyms können auch zu Einrissen, Hämatomen, Kontusionen oder Pneumatozelen führen ¹⁰⁵.

- Stoß- oder Detonationskräfte: Durch die Druckwelle kann das Opfer über mehrere Meter weggeschleudert werden und umgebende Trümmer werden zu Wurfgeschossen, was bereits zu massiven Verletzungen führen kann. Wenn die aus einer Detonation entstehende Druckwelle direkt auf die Brustwand trifft und einen Druckunterschied an der Luft-Gewebe-Grenzfläche erzeugt, spricht man von primären Lungenexplosionsverletzungen. Je größer der Druckunterschied ist, desto mehr Kraft wird auf die Lunge übertragen. Die Schwere der Lungenverletzung hängt umgekehrt proportional von der Entfernung des Opfers zur Explosion ab. Sekundäre Explosionsverletzungen resultieren aus Objekten, die durch die Explosion in Bewegung gesetzt wurden und das Opfer treffen. Tertiäre Verletzungen werden durch die Verlagerung des Opfers verursacht. Begleitverletzungen durch thermische Verbrennungen, Inhalation und Quetschungen (infolge eines strukturellen Defektes) sind ebenfalls häufig ^{105,107–109}.

In Tabelle 6 ist die Einteilung der Thoraxtraumata nach Behandlungsdringlichkeit zusammengefasst ^{110–113}.

Akut lebensbedrohlich	Potentiell lebensbedrohlich	Einfache Verletzungen
Spannungspneumothorax	Lungenkontusion	Unkomplizierter Hämatothorax
Instabiler Thorax	Aortenruptur	Unkomplizierter Pneumothorax
Offener Pneumothorax	Ösophagus-/Tracheaverletzung	Rippenfrakturen
Perikardtamponade	Zwerchfellruptur	Sternumfraktur
Akute Atemwegsobstruktion bzw. Verlegung	Myokardkontusion	

Tabelle 6: Einteilung des Thoraxtraumas nach Behandlungsdringlichkeit [Trupka et al.].

1.7. Einteilung und Klassifikation der Wirbelsäulenverletzung

Verletzungen im Bereich der Wirbelsäule werden in obere HWS-Verletzungen (HWK 1/2) und subaxiale Verletzungen (HWK 3-7) unterteilt. Der Grund für diese Einteilung ist, dass unterhalb vom zweiten Halswirbelkörper (HWK-2) den gleichen biomechanischen Prinzipien für die einzelnen Bewegungssegmente gelten. Diese Unterteilung hat auch eine Auswirkung auf die Therapie. Anders als bei den oberen HWS-Verletzungen liegt der Schwerpunkt bei der Behandlung von traumatischen subaxialen Instabilitäten auf einem primär ventralen Vorgehen. Dasselbe Prinzip gilt für die Reduktion von Subluxationen oder Luxationsverletzungen. Wenn eine höhergradige posteriore Instabilität nach der ventralen Stabilisierung verbleibt ist ein kombiniertes ventrodorsales Vorgehen erforderlich ¹¹⁴.

Die 1994 veröffentlichte Klassifikation von Magerl et al., wird heutzutage in Europa und von der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO) am häufigsten verwendet. Die Klassifikation unterscheidet 3 Subtypen ¹¹⁵:

- Typ A: Kompressionsverletzungen
- Typ B: Distraktionsverletzungen
- Typ C: Dislokationsverletzungen

Die Hauptgruppen werden in Untergruppen unterteilt. Jede Untergruppen kann in Subgruppen unterteilt werden (Tab. 7) (Abb. 19) ¹¹⁶⁻¹¹⁹.

Typ	Subtyp	Deskription
A (Kompressionsverletzungen)	A0	Querfortsatzfrakturen
	A1	Wirbelkörperfrakturen mit Beteiligung eines Bewegungssegments ohne Hinterkantenbeteiligung
	A2	Sagittale oder koronarer Spaltbruch mit Beteiligung beider angrenzenden Bewegungssegmente ohne Hinterkantenbeteiligung
	A3	Wirbelkörperfraktur mit Verletzung eines angrenzenden Bewegungssegment inklusive Hinterkantenbeteiligung
	A4	Wirbelkörperfraktur mit Verletzung beider angrenzenden Bewegungssegmente und Hinterkantenbeteiligung
B (Distraktionsverletzungen)	B1	Transossäre Läsion, so genannte Chance-Fracture – betrifft nur einen Wirbelkörper und ist eine monosegmentale, knöcherne dorsale Distraktionsverletzung
	B2	Flexionsverletzung mit osteoligamentärer Läsion der dorsalen Zuggurtung
	B3	Extensionverletzungen
C (Dislokationsverletzung)	C	Wirbelkörperverletzungen mit Verletzung aller Säulen und sichtbarer oder zu erwartender Dislokation

Tabelle 7: AO Klassifikation für Wirbelsäuleverletzungen [www.aospine.org/TLclassification]

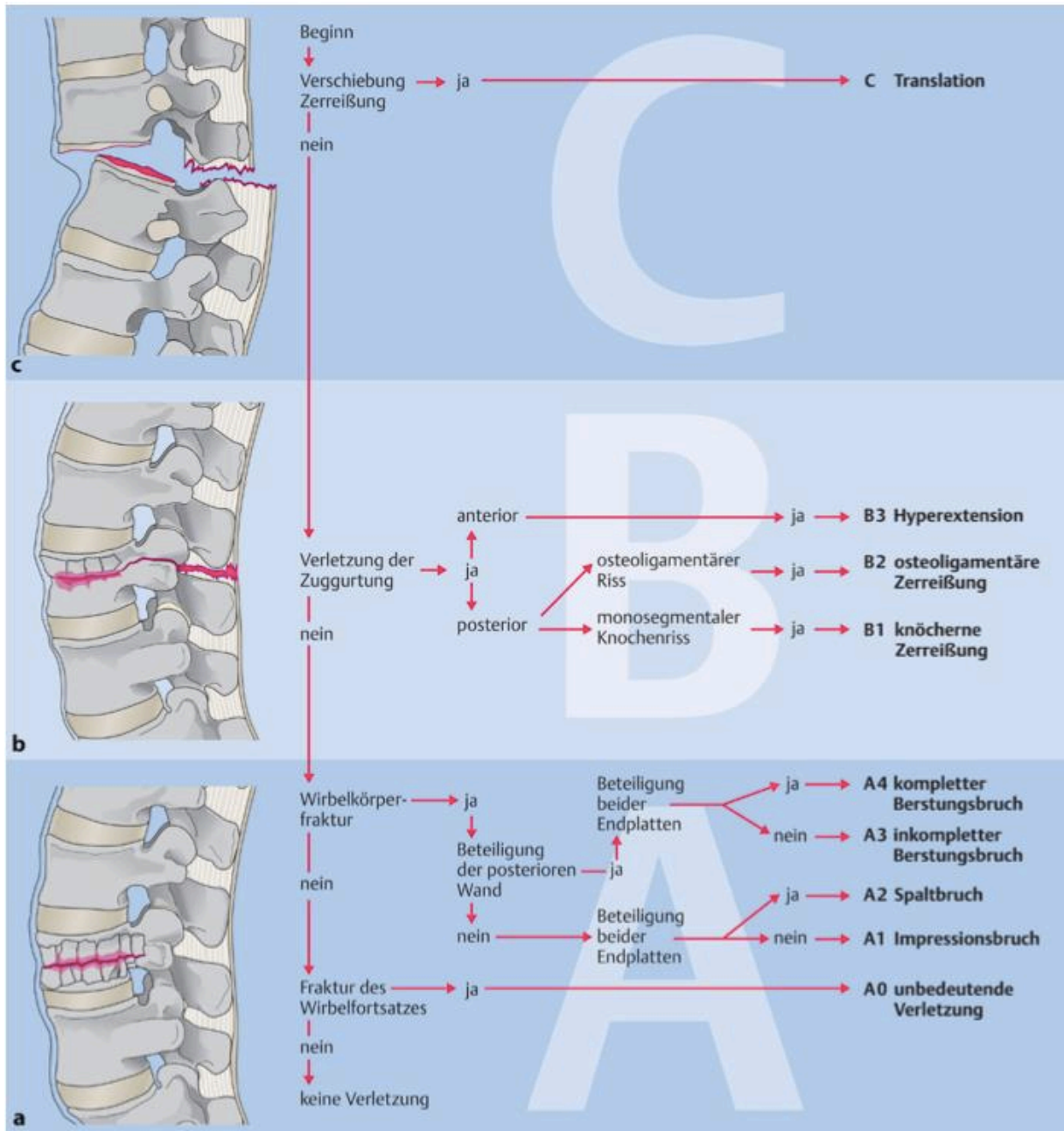


Abbildung 19: Algorithmus AO Klassifikation. [Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2016, Thieme Verlag]

2. Hypothese und Zielsetzung der Studie

Die Frage, inwieweit eine Kombinationsverletzung aus Thoraxtrauma, Schädel-Hirn-Trauma, Wirbelsäulenverletzung und Beckenverletzung/Acetabulumverletzung das posttraumatische Ergebnis bei Patienten beeinflusst, ist bisher nicht untersucht worden. Denkbar ist jedoch, dass die Kombination aus Thorax-, Schädel-Hirn-, Wirbelsäulenverletzung und Beckenverletzung/Acetabulumverletzung im Gegensatz zur Monoverletzungen von Becken-/Acetabulumfraktur je nach Schwere der Verletzung hochwahrscheinlich negativ beeinflusst ist.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Promotionsarbeit die Beantwortung der folgenden Hypothese:

Patienten mit einer Kombinationsverletzung von Thorax-, Schädel-Hirn-, Wirbelsäule und Becken/Acetabulum haben einen schlechteren klinischen und operativen Verlauf als Patienten mit einer alleinigen Becken-/Acetabulumfraktur.

3. Patienten und Methodik

3.1. Datenbasis

Die Datenbasis für die vorliegende Promotionsarbeit ist der Datensatz des multizentrischen nationalen Becken-Registers der AG „Becken III“ der DGU. Darin enthalten sind die Behandlungsdaten von 16.359 Patienten Becken/Acetabulumverletzungen der Jahre 2003 – 2017, die von den teilnehmenden Kliniken in das Register eingetragen wurden. Seitens der teilnehmenden BG Unfallklinik Tübingen besteht die Erlaubnis zur Auswertung des Datensatzes der AG „Becken III“ der DGU.

Enthalten in diesem Gesamtdatensatz sind auch die Behandlungsdaten von 1.848 Patienten mit Beckenverletzungen die in den Jahren 2003 – 2017 an der BG Unfallklinik in Tübingen behandelt wurden.

3.2. Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien:

- Zustimmung der Patienten zur pseudonymisierten Datenerfassung und Datenspeicherung.
- Verletzung des knöchernen Beckens (Beckenring und/oder hüftgelenktragender Anteil (Acetabulum)).
- Alter \geq 15 Jahre.
- Begleitverletzungen:
 - SHT
 - Thorax
 - Wirbelsäule

Ausschlusskriterium:

- Ablehnung der Datenerfassung und Datenspeicherung.
- Alter $<$ 15 Jahre.
- Keine Beckenfraktur.

3.3. Einwilligung zur wissenschaftlichen Datenauswertung seitens des Patienten

Die Patienten haben im Rahmen der Unfallbehandlung ihr Einverständnis zur pseudonymisierten Datenspeicherung und wissenschaftlichen Auswertung an den jeweiligen Standorten der teilnehmenden Kliniken erteilt.

Eine gesonderte Einwilligung für die vorliegende Promotionsarbeit muss nicht eingeholt werden, da nach §27 des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) eine Einwilligung aller 16.359 Patienten in einem nicht zu rechtfertigenden Aufwand steht, da einerseits eine Kontaktierung der Patienten durch die Pseudonymisierung der Daten nur mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden ist und andererseits zu erwarten ist, dass durch den langen Beobachtungs-Zeitraum von 15 Jahren (2003 – 2017) ein nicht unerheblicher Anteil der Patienten möglicherweise verstorben und einer Einwilligung nicht mehr zugänglich ist.

3.4. Votum der zuständigen Ethikkommission

Durch die zuständige Ethikkommission (Ethik-Kommission der Ärztekammer des Saarlandes: Reg.-Nr. 29/14) wurde die Einrichtung des Beckenregisters mehrfach (zuletzt 02/2014) zustimmend bewertet. Eine Einzelstudie mit Auswertung der Registerdaten bedarf jedoch laut der Ethik-Kommission der Ärztekammer des Saarlandes jeweils der Zustimmung durch die für die auswertenden Ärztinnen/Ärzte zuständige Ethik-Kommission.

Ein Ethikantrag zur Durchführung der Studie wurde zeitgerecht gestellt und das Ethikvotum der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität Tübingen: Reg.-Nr. 169/2020BO2 wurde eingeholt und positiv entschieden.

3.5. Zu untersuchende Daten / Speicherort / Speicherdauer

Folgende Daten wurden aus den Datensätzen ausgewertet werden:

- Alter (Jahre)
- Prozentualer Anteil der Operationen/Notfalloperationen (%)
- Verletzungsmuster (Beckenring, Acetabulum oder Kombination (%))

- Liegedauer (Tage)
- Zeit bis zur Notfall-OP (Minuten)
- Zeit bis zur definitiven OP (Tage)
- Präoperative Dislokation der Fraktur (mm)
- Postoperative Dislokation der Fraktur (mm)
- OP-Dauer (Minuten)
- Blutverlust bei OP (ml)
- Komplikationen (n)
- Osteosynthese-Komplikationen (n)
- Mortalität (%)

Die Daten sind in pseudonymisierter Form im Beckenregister gespeichert. Die beiden Datensätzen (Gesamtdatensatz sowie „Tübinger“ Datensatz) werden durch die AG „Becken III“ in anonymisierter Form bereitgestellt. Eine Dechiffrierung ist nicht möglich.

3.6. Statistische Analyse

Normal verteilte Daten werden als Mittelwert \pm Standardabweichung, nicht-normal verteilte Daten als Median (Range) angegeben. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Gruppen wurden mit dem ANOVA Test und der Bonferroni bzw. Tukey Korrektur berechnet. Eine Wahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet. Die Datenerfassung und tabellarische Darstellung erfolgten mit dem Programm Microsoft Excel®.

Alle Statistiken wurden mit der SPSS Statistics® Software (IBM Corp., Armonk, NY, USA) mit Hilfe von Herrn Prof. Dr. Wolf-Dieter Heller (KIT [Karlsruher Institut für Technologie]) erstellt.

4. Ergebnisse

4.1. Patienten

Nach den festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien konnten 14.937 Patienten in die Studie eingeschlossen werden. Die Patienten wurden in 8 diagnosespezifische Gruppen eingeteilt, 2 hiervon waren die Kontrollgruppen mit alleiniger Beckenring- bzw. Acetabulumfraktur (s. Abb. 20).



Abbildung 20: Studienprotokoll von Beckenring- und Acetabulumverletzungen mit und ohne Kombinationsverletzungen.

4.2. Epidemiologische Daten

4.2.1. Alter

Das Durchschnittsalter im untersuchten Gesamtkollektiv betrug 54,49 Jahre (15 – 112 Jahre). Aufgeschlüsselt nach den Subgruppen zeigten sich Patienten mit isolierten Beckenring- oder Acetabulum Verletzungen (Subgruppen 7 und 8) signifikant älter als die restlichen Subgruppen bzw. das Gesamtkollektiv (s. Tab. 8 und 9).

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1628591,715	7	232655,959	542,925	,000
Innerhalb der Gruppen	6397425,735	14930	428,523		
Gesamt	8026017,450	14937			

Tabelle 8: Einfaktorielle Varianzanalyse für Alter

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
1	2565	48,59	22,756	,449	47,71	49,47	15	100
2	3271	48,36	21,219	,371	47,63	49,08	15	100
3	2224	49,83	21,256	,451	48,95	50,72	15	112
4	903	45,35	19,257	,641	44,10	46,61	15	94
5	1216	46,87	18,779	,539	45,81	47,93	15	96
6	619	47,00	19,670	,791	45,45	48,56	15	94
7	2769	73,96	19,591	,372	73,23	74,69	15	105
8	1370	64,50	19,649	,531	63,46	65,55	15	100
Gesamt	14937	54,49	23,181	,190	54,11	54,86	15	112

Tabelle 9: Altersmittelwert in Subgruppenverteilung

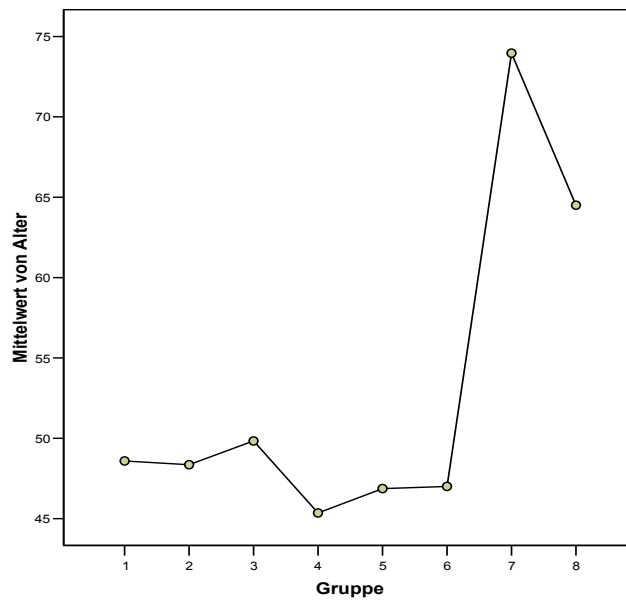


Abbildung 21: Altersmittelwert in Subgruppenverteilung

Im *t*-Test zeigte sich ein Anstieg des Alters in Gruppe 7 (Isolierte Beckenringverletzungen) und Gruppe 8 (isolierte Acetabulumverletzungen) (KI 95%). Dies bestätigte sich auch im post Hoc Test mit Bonferroni-Korrektur (Tabelle 10).

(I) Gruppe	(J) Gruppe	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	,233	,546	1,000	-1,47	1,94
	3	-1,245	,600	1,000	-3,12	,63
	4	3,235(*)	,801	,002	,73	5,74
	5	1,719	,721	,479	-,53	3,97
	6	1,585	,927	1,000	-1,31	4,48
	7	-25,374(*)	,567	,000	-27,15	-23,60
	8	-15,914(*)	,693	,000	-18,08	-13,75
	2	1	-,233	,546	1,000	-1,94
3		-1,478	,569	,263	-3,26	,30
4		3,002(*)	,778	,003	,57	5,43
5		1,486	,695	,913	-,69	3,66
6		1,352	,907	1,000	-1,48	4,19
7		-25,607(*)	,535	,000	-27,28	-23,94
8		-16,147(*)	,666	,000	-18,23	-14,07
3		1	1,245	,600	1,000	-,63
	2	1,478	,569	,263	-,30	3,26
	4	4,481(*)	,817	,000	1,93	7,03
	5	2,964(*)	,738	,002	,66	5,27
	6	2,830	,941	,074	-,11	5,77
	7	-24,129(*)	,589	,000	-25,97	-22,29
	8	-14,669(*)	,711	,000	-16,89	-12,45
	4	1	-3,235(*)	,801	,002	-5,74
2		-3,002(*)	,778	,003	-5,43	-,57
3		-4,481(*)	,817	,000	-7,03	-1,93
5		-1,517	,909	1,000	-4,36	1,32
6		-1,650	1,080	1,000	-5,03	1,72
7		-28,609(*)	,793	,000	-31,09	-26,13
8		-19,149(*)	,887	,000	-21,92	-16,38
5		1	-1,719	,721	,479	-3,97
	2	-1,486	,695	,913	-3,66	,69
	3	-2,964(*)	,738	,002	-5,27	-,66
	4	1,517	,909	1,000	-1,32	4,36
	6	-,134	1,022	1,000	-3,33	3,06
	7	-27,093(*)	,712	,000	-29,32	-24,87
	8	-17,633(*)	,816	,000	-20,18	-15,08
	6	1	-1,585	,927	1,000	-4,48
2		-1,352	,907	1,000	-4,19	1,48
3		-2,830	,941	,074	-5,77	,11
4		1,650	1,080	1,000	-1,72	5,03
5		,134	1,022	1,000	-3,06	3,33
7		-26,959(*)	,920	,000	-29,83	-24,08
8		-17,499(*)	1,003	,000	-20,63	-14,37
7		1	25,374(*)	,567	,000	23,60
	2	25,607(*)	,535	,000	23,94	27,28
	3	24,129(*)	,589	,000	22,29	25,97
	4	28,609(*)	,793	,000	26,13	31,09
	5	27,093(*)	,712	,000	24,87	29,32
	6	26,959(*)	,920	,000	24,08	29,83
	8	9,460(*)	,684	,000	7,32	11,60
	8	1	15,914(*)	,693	,000	13,75
2		16,147(*)	,666	,000	14,07	18,23
3		14,669(*)	,711	,000	12,45	16,89
4		19,149(*)	,887	,000	16,38	21,92
5		17,633(*)	,816	,000	15,08	20,18
6		17,499(*)	1,003	,000	14,37	20,63
7		-9,460(*)	,684	,000	-11,60	-7,32

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

Tabelle 10: Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur. Altersvergleich zwischen Subgruppen.

4.2.2. Altersgipfel

Beim Altersmittelwert zeigen sich 3 Gipfel im Gesamtkollektiv: Der erste Gipfel lag bei Patienten mit 18 – 25 Jahren, der zweite bei Patienten mit 40 – 55 Jahren und der dritte Gipfel bei Patienten mit 75 – 80 Jahren. Eine graphische Darstellung zeigt Abb. 22.

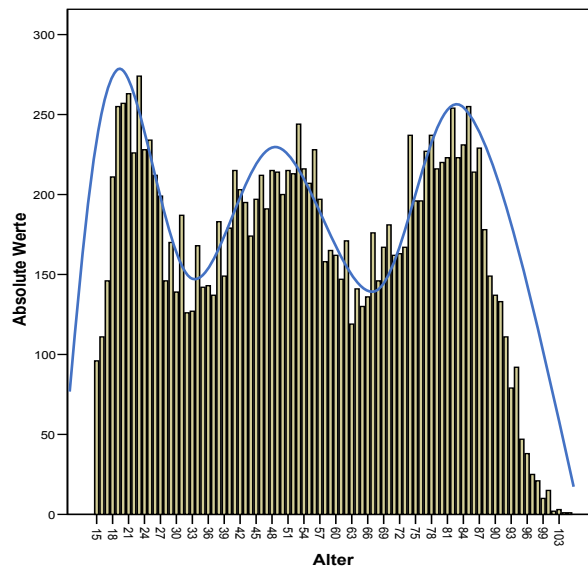


Abbildung 22: Gesamte Altersverteilung

4.3. Liegedauer

Durchschnittlich hatten die Patienten im Gesamtkollektiv eine Liegedauer von 23,52 Tagen (0 – 287 Tage). Daten konnten für alle 14.937 Patienten erhoben werden. Die Angaben zu den Liegedauern wurden entsprechend der Subgruppen aufgeteilt (Abb. 23). Die Daten sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Tabelle 12 zeigt signifikante Unterschiede in der Liegedauer zwischen der einzelnen Subgruppen.

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
1	2565	24,61	24,084	,476	23,67	25,54	0	287
2	3271	27,77	25,422	,444	26,90	28,64	0	287
3	2224	28,75	25,621	,543	27,68	29,81	0	256
4	903	28,65	24,020	,799	27,08	30,22	0	239
5	1216	29,92	24,575	,705	28,54	31,30	0	239
6	619	32,29	28,893	1,161	30,01	34,57	0	239
7	2769	8,40	11,416	,217	7,97	8,82	0	181
8	1368	20,37	18,303	,495	19,40	21,34	0	238
Gesamt	14935	23,52	23,913	,196	23,13	23,90	0	287

Tabelle 11: Liegedauer Mittelwert in Subgruppenverteilung

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	891058,975	7	127294,139	248,430	,000
Innerhalb der Gruppen	7648511,693	14930	512,394		
Gesamt	8539570,668	14937			

Tabelle 12: Einfaktorielle Varianzanalyse für Liegedauer

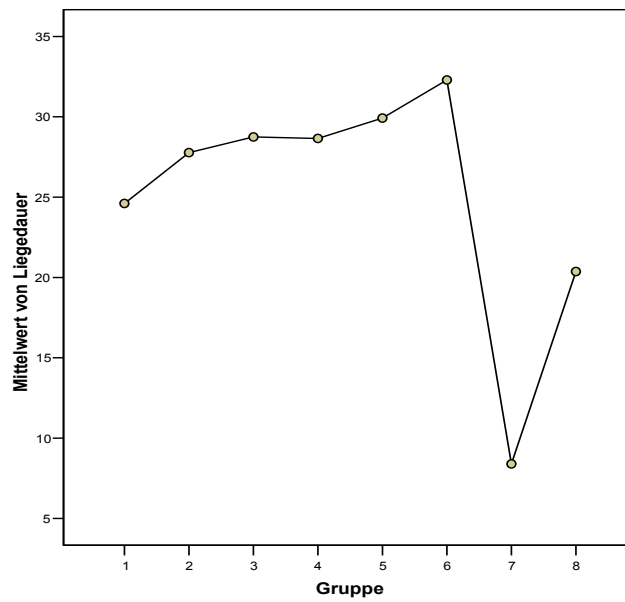


Abbildung 23: Mittelwert der Liegedauer in den Subgruppen 1 – 8.

Der t -Test zeigte einen Anstieg der Liegedauer in der Subgruppe 6 (Acetabulum- und Wirbelsäulenverletzungen) (KI 95%). Der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigte einen signifikanten Unterschied in fast allen Subgruppen. Die unterschiedlichen Liegedauern für die einzelnen Subgruppen zeigt inklusive der Signifikanz Tab. 13.

(I) Gruppe	(J) Gruppe	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-3,165(*)	,597	,000	-5,03	-1,30
	3	-4,141(*)	,656	,000	-6,19	-2,09
	4	-4,048(*)	,876	,000	-6,78	-1,31
	5	-5,316(*)	,788	,000	-7,78	-2,85
	6	-7,687(*)	1,014	,000	-10,85	-4,52
	7	16,209(*)	,620	,000	14,27	18,15
	8	4,234(*)	,758	,000	1,87	6,60
2	1	3,165(*)	,597	,000	1,30	5,03
	3	-,976	,622	1,000	-2,92	,97
	4	-,883	,851	1,000	-3,54	1,78
	5	-2,151	,760	,131	-4,53	,22
	6	-4,522(*)	,992	,000	-7,62	-1,42
	7	19,374(*)	,585	,000	17,55	21,20
	8	7,399(*)	,729	,000	5,12	9,68
3	1	4,141(*)	,656	,000	2,09	6,19
	2	,976	,622	1,000	-,97	2,92
	4	,093	,893	1,000	-2,70	2,88
	5	-1,175	,807	1,000	-3,70	1,35
	6	-3,546(*)	1,029	,016	-6,76	-,33
	7	20,351(*)	,645	,000	18,34	22,36
	8	8,376(*)	,778	,000	5,95	10,81
4	1	4,048(*)	,876	,000	1,31	6,78
	2	,883	,851	1,000	-1,78	3,54
	3	-,093	,893	1,000	-2,88	2,70
	5	-1,268	,994	1,000	-4,38	1,84
	6	-3,639	1,181	,058	-7,33	,05
	7	20,257(*)	,867	,000	17,55	22,97
	8	8,282(*)	,971	,000	5,25	11,31
5	1	5,316(*)	,788	,000	2,85	7,78
	2	2,151	,760	,131	-,22	4,53
	3	1,175	,807	1,000	-1,35	3,70
	4	1,268	,994	1,000	-1,84	4,38
	6	-2,371	1,118	,950	-5,86	1,12
	7	21,526(*)	,779	,000	19,09	23,96
	8	9,551(*)	,892	,000	6,76	12,34
6	1	7,687(*)	1,014	,000	4,52	10,85
	2	4,522(*)	,992	,000	1,42	7,62
	3	3,546(*)	1,029	,016	,33	6,76
	4	3,639	1,181	,058	-,05	7,33
	5	2,371	1,118	,950	-1,12	5,86
	7	23,896(*)	1,006	,000	20,75	27,04
	8	11,921(*)	1,097	,000	8,50	15,35
7	1	-16,209(*)	,620	,000	-18,15	-14,27
	2	-19,374(*)	,585	,000	-21,20	-17,55
	3	-20,351(*)	,645	,000	-22,36	-18,34
	4	-20,257(*)	,867	,000	-22,97	-17,55
	5	-21,526(*)	,779	,000	-23,96	-19,09
	6	-23,896(*)	1,006	,000	-27,04	-20,75
	8	-11,975(*)	,748	,000	-14,31	-9,64
8	1	-4,234(*)	,758	,000	-6,60	-1,87
	2	-7,399(*)	,729	,000	-9,68	-5,12
	3	-8,376(*)	,778	,000	-10,81	-5,95
	4	-8,282(*)	,971	,000	-11,31	-5,25
	5	-9,551(*)	,892	,000	-12,34	-6,76
	6	-11,921(*)	1,097	,000	-15,35	-8,50
	7	11,975(*)	,748	,000	9,64	14,31

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

Tabelle 13: Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur. Liegedauer-Vergleich zwischen Subgruppen.

4.4. Mortalität

Die Mortalität im Gesamtkollektiv lag bei 7,1%. Die höchste Mortalitätsrate zeigten Patienten mit Beckenring- und SHT Verletzungen (Gruppe 1). Tab. 14 zeigt die numerische und prozentuale Mortalitätsraten in den einzelnen Subgruppen 1 – 8.

		VERSTORBEN		Gesamt
		Ja	Nein	
Gruppe 1	Anzahl	291	2274	2565
	% von Gruppe	11,3%	88,7%	100,0%
2	Anzahl	330	2941	3271
	% von Gruppe	10,1%	89,9%	100,0%
3	Anzahl	176	2048	2224
	% von Gruppe	7,9%	92,1%	100,0%
4	Anzahl	61	842	903
	% von Gruppe	6,8%	93,2%	100,0%
5	Anzahl	79	1137	1216
	% von Gruppe	6,5%	93,5%	100,0%
6	Anzahl	45	574	619
	% von Gruppe	7,3%	92,7%	100,0%
7	Anzahl	28	2742	2769
	% von Gruppe	1,0%	99,0%	100,0%
8	Anzahl	49	1320	1368
	% von Gruppe	3,5%	96,5%	100,0%
Gesamt	Anzahl	1059	13878	14937
	% von Gruppe	7,1%	92,9%	100,0%

Tabelle 14: Mortalitätsanzahl und Gruppenprozentsatz in Subgruppenverteilt.

4.5. Transfusionsrate

Insgesamt wurden 2.208 Blutkonserven (Erythrozytenkonzentrat [EK]) transfundiert. Daten zur Transfusionsrate lagen für 1618 (10,83%) Patienten vor.

Tabelle 15 zeigt die durchschnittliche EK-Gabe in den Zeiträumen 1 – 6, 7 – 12 und 13 – 24 Stunden nach dem Trauma.

		1 – 6	7 – 12	13 – 24
		Stunden	Stunden	Stunden
N	Gültig	1023	1618	1618
	Fehlend	13914	13319	13319
Mittelwert		6,48	2,64	1,84
Median		2,00	,00	,00
Standardabweichung		12,290	8,102	7,734
Minimum		0	0	0

Tabelle 15: Erythrozytenkonzentratgabe in 3 Subgruppen geteilt: 1-6: in der ersten 6 Stunden nach dem Unfall/Aufnahme, 7-12: in der zweiten 6 Stunden nach dem Unfall/Aufnahme, 13-24: zwischen 13 und 24 Stunden nach dem Unfall/Aufnahme.

4.6. Injury Severity Score (ISS)

Die Mittelwerte des ISS sind in der Abbildung 30 dargestellt. Patienten mit Beckenring + SHT (Subgruppe 1) hatten die höchste Punktzahl (28,84 Punkte), Patienten mit isolierter Beckenringverletzung hatten die niedrigste Punktzahl (4 Punkte). Die Subgruppen 1 – 6 zeigten signifikant unterschiedliche Werte ($p < 0,001$). Die restlichen Werte sind in Tabelle 16 und Abbildung 24 zu entnehmen.

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	5549,595	5	1109,919	6,307	,000
Innerhalb der Gruppen	1899145,455	10792	175,977		
Gesamt	1904695,050	10797			

Tabelle 16: Einfaktorielle Varianzanalyse für Injury Severity Score

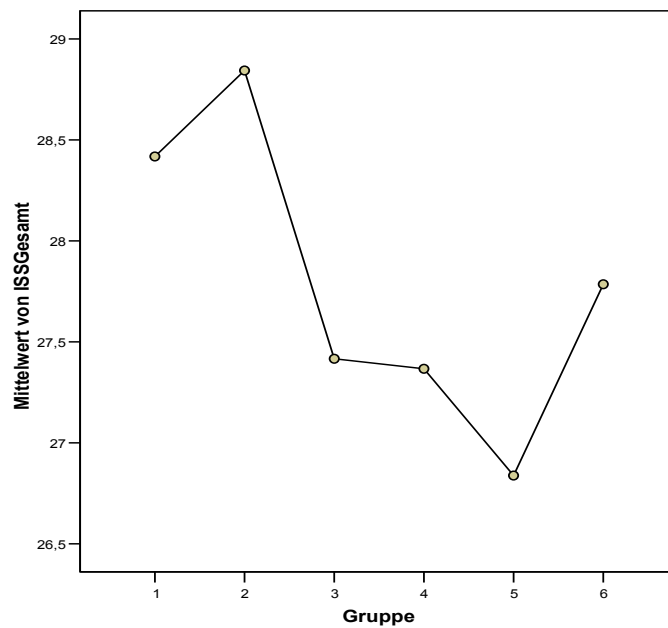


Abbildung 24: ISS Mittelwert in Subgruppenverteilung

Im *t*-Test konnte ein Anstieg der Punktzahl in der Subgruppe 2 (Beckenring- und Thoraxtrauma) festgestellt werden (KI 95%). Da die Kontrollgruppen (Subgruppe 7 [isolierte Beckenringverletzungen] und 8 [isolierte Acetabulumverletzungen]) gänzlich unterschiedliche ISS Mittelwerte zeigten, haben wir diese Gruppe für den folgenden Gruppenvergleich nicht berücksichtigt. Im Tukey-Test zeigten sich signifikante Unterschiede in fast allen Subgruppen. Detaillierte Ergebnisse zeigt in der Übersicht Tabelle 17.

(I) Gruppe	(J) Gruppe	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler r	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-,426	,350	,829	-1,42	,57
	3	1,002	,384	,096	-,09	2,10
	4	1,051	,513	,315	-,41	2,51
	5	1,580(*)	,462	,008	,26	2,90
	6	,633	,594	,895	-1,06	2,33
2	1	-,426	,350	,829	-,57	1,42
	3	1,427(*)	,365	,001	,39	2,47
	4	1,477(*)	,499	,036	,06	2,90
	5	2,005(*)	,446	,000	,74	3,28
	6	1,058	,581	,453	-,60	2,72
3	1	-1,002	,384	,096	-2,10	,09
	2	-1,427(*)	,365	,001	-2,47	-,39
	4	,050	,523	1,000	-1,44	1,54
	5	,578	,473	,826	-,77	1,93
	6	-,369	,603	,990	-2,09	1,35
4	1	-1,051	,513	,315	-2,51	,41
	2	-1,477(*)	,499	,036	-2,90	-,06
	3	-,050	,523	1,000	-1,54	1,44
	5	,529	,583	,945	-1,13	2,19
	6	-,419	,692	,991	-2,39	1,55
5	1	-1,580(*)	,462	,008	-2,90	-,26
	2	-2,005(*)	,446	,000	-3,28	-,74
	3	-,578	,473	,826	-1,93	,77
	4	-,529	,583	,945	-2,19	1,13
	6	-,947	,655	,699	-2,81	,92
6	1	-,633	,594	,895	-2,33	1,06
	2	-1,058	,581	,453	-2,72	,60
	3	,369	,603	,990	-1,35	2,09
	4	,419	,692	,991	-1,55	2,39
	5	,947	,655	,699	-,92	2,81

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

Tabelle 17: Post-Hoc-Test mit Tukey-Korrektur. ISS-Vergleich zwischen Subgruppen.

4.7. Klassifikation der Beckenringverletzungen nach TILE

Die Mehrheit (35%) des Gesamtkollektivs erlitten eine Beckenringverletzung vom Typ TILE A2. Daten konnten für alle 10.829 Patienten erhoben werden. Tabelle 18 und Abb. 25 zeigen die detaillierte Darstellung der Typisierung der Beckenringverletzungen in den relevanten Subgruppen 1, 2, 3 und 7.

		Gruppe				Gesamt	
		1	2	3	7		
TILE	A1	Anzahl	73	80	60	190	322
		% von Gruppe	2,2%	1,9%	1,9%	6,9%	3,2%
	A2	Anzahl	549	672	379	2069	3591
		% von Gruppe	21,1%	20,5%	16,7%	83,8%	35,0%
	A3	Anzahl	67	49	62	156	257
		% von Gruppe	1,9%	0,9%	2,0%	5,6%	2,7%
	B1	Anzahl	222	314	212	29	704
		% von Gruppe	8,1%	9,2%	9,0%	0,6%	6,9%
	B2	Anzahl	728	831	493	75	2055
		% von Gruppe	28,2%	25,5%	22,1%	2,5%	20,1%
	B3	Anzahl	134	182	136	26	406
		% von Gruppe	4,5%	5,1%	5,5%	0,5%	4,1%
	C1	Anzahl	534	685	530	19	1696
		% von Gruppe	20,5%	20,9%	23,8%	0,2%	16,6%
	C2	Anzahl	153	223	175	15	495
		% von Gruppe	5,3%	6,4%	7,3%	0%	4,9%
	C3	Anzahl	184	284	240	0	659
		% von Gruppe	6,6%	8,4%	10,5%	0%	6,4%
Gesamt		Anzahl	2643	3320	2287	2579	10829
		% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 18: Verteilung der TILE Klassifikation in den Subgruppen (%).

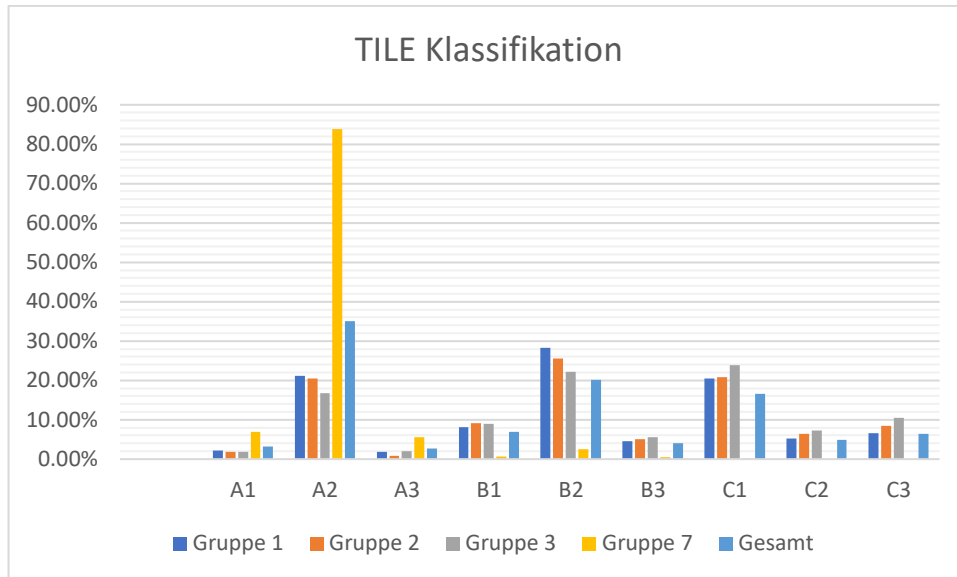


Abbildung 25: Säulendiagramme der TILE Klassifikation in den Subgruppen (%).

4.8. Klassifikation der Acetabulumverletzungen nach Letournel

Die Mehrheit (49,36%) der Patienten mit Acetabulumfrakturen erlitt eine vordere-Pfeiler-Fraktur. Daten konnten für alle 4.108 Patienten erhoben werden. 1.646 Patienten (40%) erlitten eine Verletzung auf der rechten Seite (Tab. 19). 1.755 Patienten (42,72%) erlitten eine Verletzung auf der linken Seite (Tab. 20), und 707 Patienten (17,28%) erlitten eine beidseitige Verletzung (Tab. 21).

4.8.1. Verletzungen des rechten Acetabulums

Die Mehrheit (18,83%) des Kollektivs erlitt eine vordere- Pfeiler-Fraktur. Daten konnten für alle 1.646 Patienten erhoben werden. Eine Übersicht der Frakturspezifizierung der Acetabulumfraktur rechts zeigt Tabelle 19.

Rechts		Gruppe				Gesamt	
		4	5	6	8		
Letournel	Hintere Wand	Anzahl	73	80	34	76	263
		% von Gruppe	18,58%	16,23%	13,77%	14,81%	15,98%
Hinterer Pfeiler	Hintere Wand	Anzahl	20	15	12	30	77
		% von Gruppe	5,09%	3,04%	4,86%	5,85%	4,68%
Vordere Wand	Vorderer Pfeiler	Anzahl	35	50	16	55	156
		% von Gruppe	8,91%	10,14%	6,48%	10,72%	9,48%
Vorderer Pfeiler	Vorderer Pfeiler	Anzahl	70	90	60	90	310
		% von Gruppe	17,81%	18,26%	24,29%	17,54%	18,83%
Querfraktur	Querfraktur	Anzahl	35	39	15	25	114
		% von Gruppe	8,91%	7,91%	6,07%	4,87%	6,93%
Hintere Wand + hinterer Pfeiler	Hintere Wand + hinterer Pfeiler	Anzahl	21	21	11	12	65
		% von Gruppe	5,34%	4,26%	4,45%	2,34%	3,95%
Querfraktur + hintere Wand	Querfraktur + hintere Wand	Anzahl	33	34	7	24	98
		% von Gruppe	8,40%	6,90%	2,83%	4,68%	5,95%
T-Fraktur	T-Fraktur	Anzahl	18	34	11	34	97
		% von Gruppe	4,58%	6,90%	4,45%	6,63%	5,89%
Vorderer Pfeiler + hintere Hemiquer- Fraktur	Vorderer Pfeiler + hintere Hemiquer- Fraktur	Anzahl	40	83	45	80	248
		% von Gruppe	10,18%	16,84%	18,22%	15,59%	15,07%
Zwei-Pfeiler Fraktur	Zwei-Pfeiler Fraktur	Anzahl	40	40	30	70	180
		% von Gruppe	10,18%	8,11%	12,15%	13,65%	10,94%
Unbekannt	Unbekannt	Anzahl	1	1	0	4	6
		% von Gruppe	0,25%	0,20%	0,00%	0,78%	0,36%
Nicht klassifizierbar	Nicht klassifizierbar	Anzahl	7	6	6	13	32
		% von Gruppe	1,78%	1,22%	2,43%	2,53%	1,94%
Gesamt	Gesamt	Anzahl	393	493	247	513	1646
		% von Gruppe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabelle 19: Klassifikation nach Letournel und Verteilung in der Subgruppe mit Acetabulumfraktur für Acetabulumverletzungen auf der rechten Seite (%)

4.8.2. Verletzungen des linken Acetabulums

Die Mehrheit (19,43%) des Kollektivs erlitt eine vordere- Pfeiler-Fraktur. Daten konnten von allen 1.755 Patienten erhoben werden. Details zur Frakturspezifizierung und Verteilung zeigt Tab. 20.

Links		Gruppe				Gesamt	
		4	5	6	8		
Letournel	Hinterer Wand	Anzahl	78	83	27	50	238
		% von Gruppe	19,70%	15,49%	10,11%	8,99%	13,56%
Hinterer Pfeiler	Hinterer Pfeiler	Anzahl	19	29	14	19	81
		% von Gruppe	4,80%	5,41%	5,24%	3,42%	4,62%
Vordere Wand	Vordere Wand	Anzahl	50	53	27	1	131
		% von Gruppe	12,63%	9,89%	10,11%	0,18%	7,46%
Vorderer Pfeiler	Vorderer Pfeiler	Anzahl	55	103	55	128	341
		% von Gruppe	13,89%	19,22%	20,60%	23,02%	19,43%
Querfraktur	Querfraktur	Anzahl	30	59	20	44	153
		% von Gruppe	7,58%	11,01%	7,49%	7,91%	8,72%
Hinterer Wand + hinterer Pfeiler	Hinterer Wand + hinterer Pfeiler	Anzahl	8	18	9	24	59
		% von Gruppe	2,02%	3,36%	3,37%	4,32%	3,36%
Querfraktur + hintere Wand	Querfraktur + hintere Wand	Anzahl	40	43	10	27	120
		% von Gruppe	10,10%	8,02%	3,75%	4,86%	6,84%
T-Fraktur	T-Fraktur	Anzahl	20	42	14	34	110
		% von Gruppe	5,05%	7,84%	5,24%	6,12%	6,27%
Vorderer Pfeiler + hintere Hemiquer- Fraktur	Vorderer Pfeiler + hintere Hemiquer- Fraktur	Anzahl	42	55	50	125	272
		% von Gruppe	10,61%	10,26%	18,73%	22,48%	15,50%
Zwei-Pfeiler Fraktur	Zwei-Pfeiler Fraktur	Anzahl	50	40	37	89	216
		% von Gruppe	12,63%	7,46%	13,86%	16,01%	12,31%
Unbekannt	Unbekannt	Anzahl	1	6	1	3	11
		% von Gruppe	0,25%	1,12%	0,37%	0,54%	0,63%
Nicht klassifizierbar	Nicht klassifizierbar	Anzahl	3	5	3	12	23
		% von Gruppe	0,76%	0,93%	1,12%	2,16%	1,31%
Gesamt	Gesamt	Anzahl	396	536	267	556	1755
		% von Gruppe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabelle 20: Klassifikation nach Letournel und Verteilung in der Subgruppe mit Acetabulumfraktur für Acetabulumverletzungen auf der linken Seite (%)

4.8.3. Beidseitige Acetabulumverletzung

Die Mehrheit (23,76%) des Kollektivs erlitt eine zwei-Pfeiler-Fraktur. Daten konnten für alle 707 Patienten der Subgruppen ermittelt werden. Eine detaillierte Darstellung der Frakturtypisierung und Häufigkeitsverteilung zeigt Tab. 21.

Beidseitig	Gruppe	4	5	6	8	Gesamt
Letournel						
Hinterer Pfeiler	Anzahl	25	40	10	24	99
	% von Gruppe	16,23%	16,81%	5,95%	16,33%	14,00%
Vorderer Pfeiler	Anzahl	10	14	9	6	39
	% von Gruppe	6,49%	5,88%	5,36%	4,08%	5,52%
Hinterer Pfeiler + Vorderer Pfeiler	Anzahl	18	20	7	1	46
	% von Gruppe	11,69%	8,40%	4,17%	0,68%	6,51%
Querfraktur	Anzahl	13	12	10	3	38
	% von Gruppe	8,44%	5,04%	5,95%	2,04%	5,37%
Hinterer Pfeiler + Querfraktur	Anzahl	8	4	2	1	15
	% von Gruppe	5,19%	1,68%	1,19%	0,68%	2,12%
Hinterer Pfeiler + Querfraktur + hintere Wand	Anzahl	24	52	40	23	139
	% von Gruppe	15,58%	21,85%	23,81%	15,65%	19,66%
T-Fraktur	Anzahl	2	5	5	10	22
	% von Gruppe	1,30%	2,10%	2,98%	6,80%	3,11%
Vorderer Pfeiler + hintere Hemiquer- Fraktur	Anzahl	0	0	1	0	1
	% von Gruppe	0,00%	0,00%	0,60%	0,00%	0,14%
Zwei-Pfeiler Fraktur	Anzahl	30	45	23	33	131
	% von Gruppe	19,48%	18,91%	13,69%	22,45%	18,53%
Unbekannt	Anzahl	21	45	58	44	168
	% von Gruppe	13,64%	18,91%	34,52%	29,93%	23,76%
Nicht klassifizierbar	Anzahl	1	0	0	1	2
	% von Gruppe	0,65%	0,00%	0,00%	0,68%	0,28%
Gesamt	Anzahl	2	1	3	1	7
	% von Gruppe	1,30%	0,42%	1,79%	0,68%	0,99%
	Anzahl	154	238	168	147	707
	% von Gruppe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabelle 21: Klassifikation nach Letournel und Verteilung in der Subgruppe mit Acetabulumfraktur für beidseitige Acetabulumverletzungen.

4.8.4. Matta Grading Score bei Acetabulumfraktur

Eine anatomische Frakturreposition bei Acetabulumfraktur wurde bei der Mehrheit (58,42%) des Gesamtkollektivs erreicht. Daten konnten für alle 2915 Patienten erhoben werden. Eine Übersicht des Repositionsgrades und die Verteilung in den Subgruppen mit Acetabulumfraktur zeigt Tab. 22.

Matta Grading Score		Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 8	Total
Anatomische Reposition (Anatomic [0 - 1 mm])	Anzahl	330	396	178	799	1703
	% von Gruppe	19,38%	23,25%	10,45%	46,92%	100,00%
Imperfekte Reposition (Imperfect [2 - 3 mm])	Anzahl	119	184	87	343	733
	% von Gruppe	16,23%	25,10%	11,87%	46,79%	100,00%
Arme Reposition (Poor [$>$ 3 mm])	Anzahl	69	122	60	228	479
	% von Gruppe	14,41%	25,47%	12,53%	47,60%	100,00%
Gesamt	Anzahl	518	702	325	1370	2915
	% von Gruppe	17,77%	24,08%	11,15%	47,00%	100,00%

Tabelle 22: Die Exaktheit der chirurgischen Frakturreposition bei Acetabulumfraktur wird mittels des Matta Gradings angegeben.

4.9. Komplikationen im Gesamtkollektiv

2.716 (18,2%) Patienten entwickelten während des stationären Aufenthalts eine Komplikation. Daten lagen für alle 14.937 Patienten vor. Die Mehrheit der Patienten erlitt mehrere Komplikationen. In Abb. 26 sind die Komplikationen in 16 Kategorien eingeteilt.

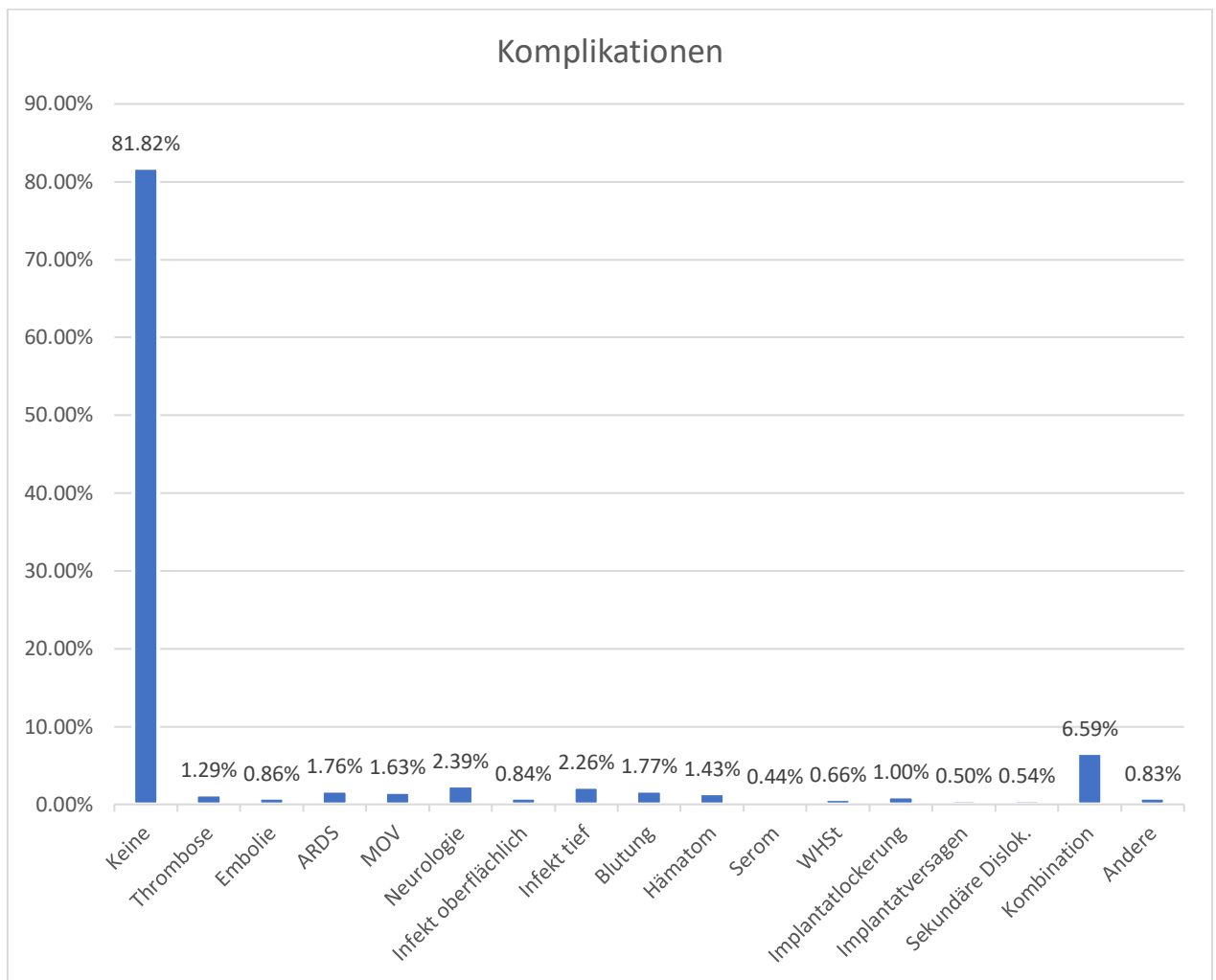


Abbildung 26: Säulendiagramm mit Komplikationen in Prozentsatz.

23% der Patienten mit einer Kombinationsverletzung von Beckenring und Thoraxtrauma entwickelten eine Komplikation, gefolgt von Patienten mit kombinierter Beckenring- und Wirbelsäulenverletzung (18%) und kombinierter Beckenringfraktur und SHT (16%). Insgesamt 57% der Patienten, die eine Komplikation entwickelt haben, hatten eine Begleitverletzung des Beckens (Abb. 27). Eine detaillierte Darstellung zu den Komplikationen und der Verteilung zeigt Tab. 21.

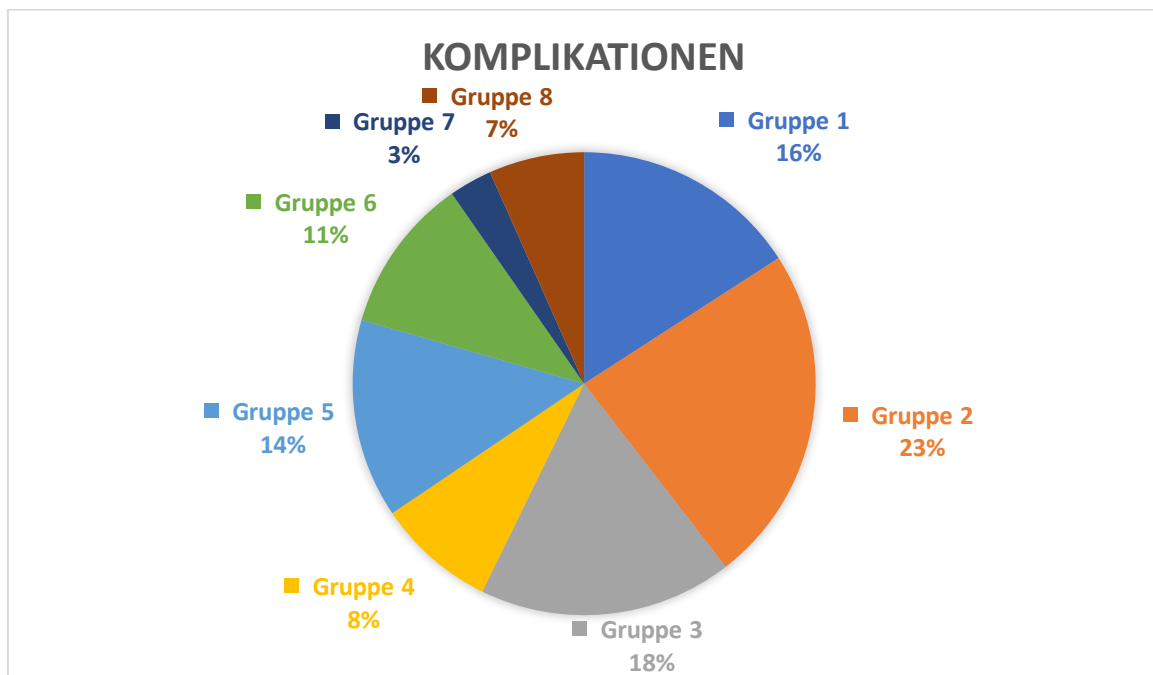


Abbildung 27: Kreisdiagramm mit Häufigkeit von Komplikationen in den jeweiligen Subgruppen (%). Subgruppenverteilt (Gruppe 1: SHT + Beckenringverletzungen; Gruppe 2: Thoraxtrauma + Beckenringverletzungen; Gruppe 3: WS + Beckenringverletzungen; Gruppe 4: SHT + Acetabulumverletzungen; Gruppe 5: Thoraxtrauma + Acetabulumverletzungen; Gruppe 6: WS + Acetabulumverletzungen; Gruppe 7: isolierte Beckenringverletzungen; Gruppe 8: isolierte Acetabulumverletzungen)

Komplikation	Gruppe							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Thrombose	5,79%	5,71%	5,64%	4,23%	4,86%	3,73%	2,70%	6,50%
Embolie	2,21%	4,45%	3,51%	2,61%	3,89%	2,24%	3,60%	4,88%
ARDS	10,05	9,13%	7,47%	7,49%	5,64%	4,48%	1,80%	1,22%
	%							
MOV	8,69%	8,68%	7,77%	5,21%	4,86%	4,48%	1,80%	1,63%
Neurologie	10,90	9,82%	12,00	14,01	9,14%	14,00	2,70%	11,38
	%		%	%		%		%
Infekt oberflächlich	4,43%	4,11%	4,27%	0,98%	1,95%	1,99%	2,70%	4,88%
Infekt tief	8,35%	10,05	8,00%	7,82%	8,56%	7,21%	7,21%	10,16
		%						%
Blutung	9,54%	8,11%	5,64%	6,51%	5,25%	5,47%	7,21%	9,35%
Hämatom	6,13%	5,94%	4,73%	4,89%	5,45%	3,98%	12,61	8,13%
							%	
Serom	1,87%	1,48%	2,13%	1,63%	1,75%	1,49%	0,90%	2,44%
WHSt	2,90%	2,63%	2,44%	3,91%	3,11%	2,49%	0,00%	2,03%
Implantatlockerung	4,94%	5,37%	5,95%	2,93%	2,33%	1,49%	1,80%	2,44%
Implantatversagen	1,87%	2,17%	3,05%	1,63%	1,36%	1,49%	0,90%	2,03%
Sek. Dislokation	1,70%	2,51%	2,90%	1,63%	1,75%	1,49%	3,60%	2,03%
Kombination	16,52	16,21	19,51	31,92	37,74	41,00	46,85	27,64
	%	%	%	%	%	%	%	%
Andere	4,09%	3,65%	4,27%	2,61%	2,33%	1,99%	3,60%	3,25%

Tabelle 23: Art der Komplikationen und Verteilung in den Subgruppen (%). ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome [Akutes Lungenversagen]); MOV (Multi-Organ Versagen); WHSt (Wundheilungsstörung).

4.10. Todesursache im Gesamtkollektiv

Im Gesamtkollektiv zeigte sich eine Mortalität von 7,1%. Daten für alle 14.937 Patienten lagen vor. Am häufigste verstarben Patienten mit einer begleitenden Kopfverletzung (25,5%). Abb. 28 und Tab. 24 zeigen eine graphische Darstellung der begleitenden Todesursachen in Prozent.

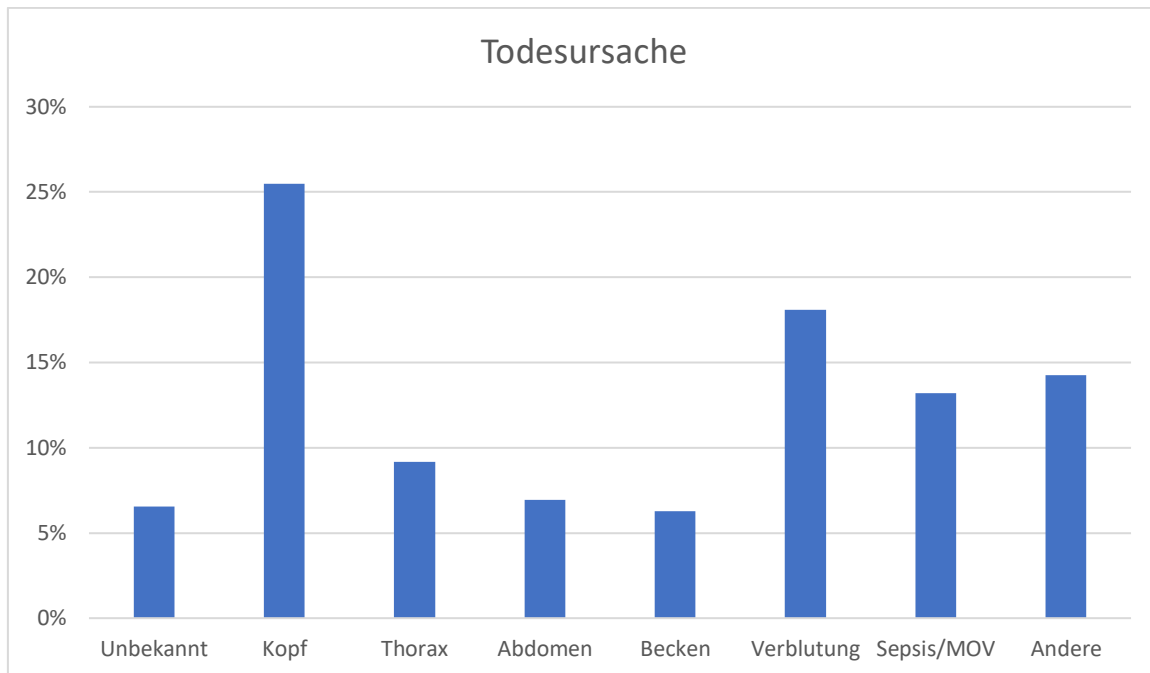


Abbildung 28: Säulendiagramm mit Todesursache (%).

Todesursache	Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8
Unbekannt		4,56%	5,49%	6,05%	9,09%	8,33%	6,25%	22,22%	6,54%
Kopf		36,21%	10,00%	24,60%	26,14%	15,83%	20,31%	0,00%	16,00%
Thorax		8,15%	23,98%	6,85%	10,23%	15,83%	7,81%	11,11%	9,18%
Abdomen		5,28%	7,32%	9,27%	6,82%	7,50%	10,94%	5,56%	6,94%
Becken		6,00%	7,72%	5,65%	4,55%	6,67%	7,81%	0,00%	6,27%
Verblutung		17,99%	20,33%	18,15%	18,18%	20,83%	18,75%	2,78%	18,10%
Sepsis/MOV		10,79%	12,80%	15,32%	15,91%	15,00%	17,19%	8,33%	13,21%
Andere		11,03%	12,20%	14,11%	9,09%	10,00%	10,94%	50,00%	25,50%

Tabelle 24: Verteilung der Todesursache in den Subgruppen des Gesamtkollektives (%). MOV (Multi-Organ Versagen).

4.11. Art des Unfalls im Gesamtkollektiv

Angaben zur Art des Unfalls lagen bei 778 Patienten vor. Die Mehrheit den Verletzten (50,5%) erlitten einen Unfall zu Hause, gefolgt von einem Verkehrsunfall (28,9%). Tab. 25 zeigt die numerische und prozentuale Verteilung der Unfallart in den jeweiligen Subgruppen 1 – 8.

		Gruppe								Gesamt
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Verkehrsunfall	Anzahl	45	60	30	14	30	14	11	21	225
	% von Gruppe	55,6%	39,5%	30,0%	73,7%	66,7%	56,0%	4,3%	21,0%	28,9%
Unfall zu Hause	Anzahl	23	59	48	0	10	6	202	45	393
	% von Gruppe	28,4%	38,8%	48,0%	0%	22,2%	24,0%	78,9%	45,0%	50,5%
Sportsunfall	Anzahl	0	2	3	1	0	3	7	6	22
	% von Gruppe	0%	1,3%	3,0%	5,3%	0%	12,0%	2,7%	6,0%	2,8%
Arbeitsunfall	Anzahl	5	12	8	2	2	1	1	8	39
	% von Gruppe	6,2%	7,9%	8,0%	10,5%	4,4%	4,0%	0,4%	8,0%	5,0%
Unfall im Krankenhaus	Anzahl	0	5	1	0	0	0	9	8	23
	% von Gruppe	0%	3,3%	1,0%	0%	0%	0%	3,5%	8,0%	3,0%
Selbstmordversuch	Anzahl	6	4	4	1	2	1	0	1	19
	% von Gruppe	7,4%	2,6%	4,0%	5,3%	4,4%	4,0%	0%	1,0%	2,4%
Andere	Anzahl	2	10	6	1	1	0	26	11	57
	% von Gruppe	2,5%	6,6%	6,0%	5,3%	2,2%	0%	10,2%	11,0%	7,3%
Gesamt	Anzahl	81	152	100	19	45	25	256	100	778
	% von Gruppe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0%

Tabelle 25: Unfallart und Verteilung in den Subgruppen (%).

4.12. Zeit bis zum OP-Datum vs. Komplikationen in Beckenringverletzungen

Um eine Patienten Homogenität zu erzielen, wurden die Patienten die eine Wartezeit bis zum OP von weniger als 30 und mehr oder gleich als 30 Tagen einbezogen.

1789 (16,5%) Patienten entwickelten mindestens eine Komplikation, während die auf die definitive operative Versorgung gewartet haben. Daten lagen für alle 10.829 (Gruppe 1: 2.565; Gruppe 2: 3.27; Gruppe 3: 2.224; Gruppe 7: 2.769) Patienten vor. In der Abbildung 29 sind die Komplikationen eingeteilt.

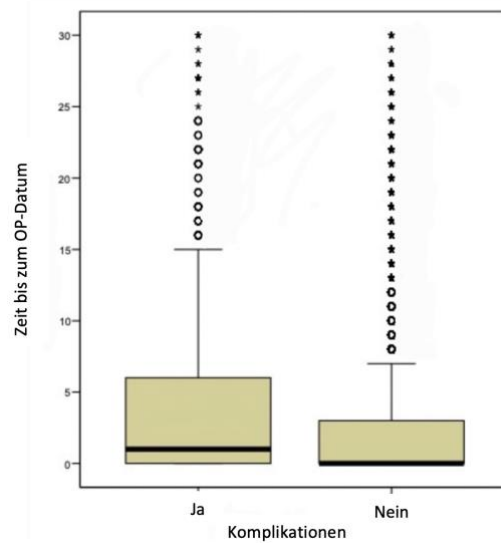


Abbildung 29: Komplikationen bis zum OP-Datum (Y-Achse, Tage)

4.13. Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer Beckenring Spalt

Es zeigte sich einen signifikanten Unterschied in allen Subgruppen. Detaillierte Ergebnisse zeigt in der Übersicht Tabelle 26.

			Zeit bis zum OP-Datum	Vorderer Beckenring	Hinterer Beckenring
Zeit bis zum OP-Datum	Korrelation nach Pearson		1	,208	,205
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,000
	N		10829	10829	10829
Vorderer Beckenring	Korrelation nach Pearson		,208	1	,487
	Signifikanz (2-seitig)		,000		,000
	N		10829	10829	10829
Hinterer Beckenring	Korrelation nach Pearson		,205	,487	1
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,000	
	N		10829	10829	10829

Tabelle 26: Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer Beckenring-spalt.

4.14. Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer vorderer Beckenring-Spalt

Eine anatomische Frakturposition wurde bei der Mehrheit (69,22%) des Gesamtkollektivs erreicht. Daten konnten für alle 10.829 Patienten erhoben werden. Eine Übersicht des verbliebenes postoperativen Frakturspaltes zeigt Abb. 30.

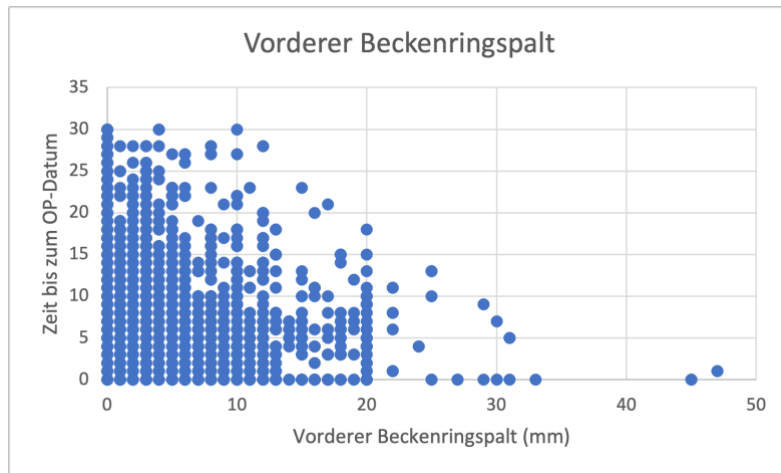


Abbildung 30: Postoperativer verbliebener Frakturspalt des vorderen Beckenringes; Millimeter (mm).

4.15. Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer hinterer Beckenring-Spalt

Eine anatomische Frakturposition wurde bei der Mehrheit (73,04%) des Gesamtkollektivs erreicht. Daten konnten für alle 10.829 Patienten erhoben werden. Eine Übersicht des verbliebenes postoperativen Frakturspaltes zeigt Abb. 31.

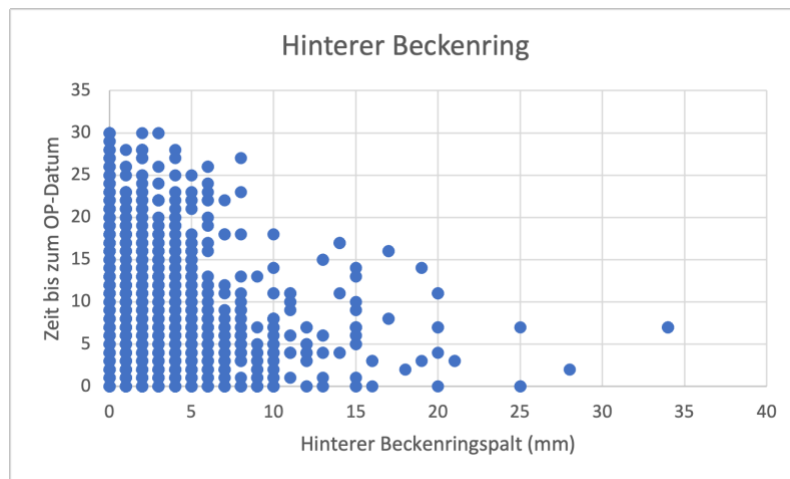


Abbildung 31: Postoperativer verbliebener Frakturspalt des hinteren Beckenringes; Millimeter (mm).

4.16. Zeit bis zum OP-Datum vs. Komplikationen in Acetabulumverletzungen

793 (19,3%) Patienten entwickelten mindestens eine Komplikation, während die auf die definitive operative Versorgung gewartet haben. Daten lagen für alle 4.108 Patienten vor. In der Abb. 32 sind die Komplikationen eingeteilt.

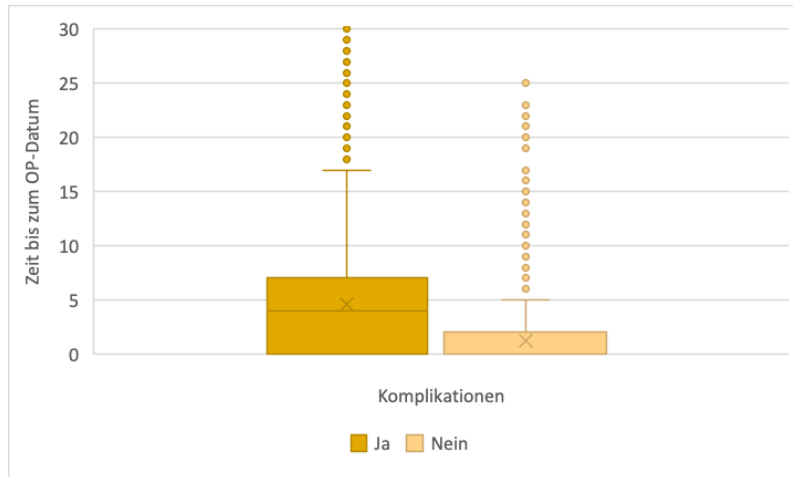


Abbildung 32: Komplikationen bis zum OP-Datum (Y Achse, Tage)

4.17. Zeit bis zum OP-Datum vs. Maximal verbliebener postoperativer Acetabulum-Spalt

Eine anatomische Frakturposition wurde bei der Mehrheit (58,42%) des Gesamtkollektivs erreicht. Daten konnten für alle 10.829 Patienten erhoben werden. Eine Übersicht des verbliebenes postoperativen Frakturspaltes zeigt Abb. 33.

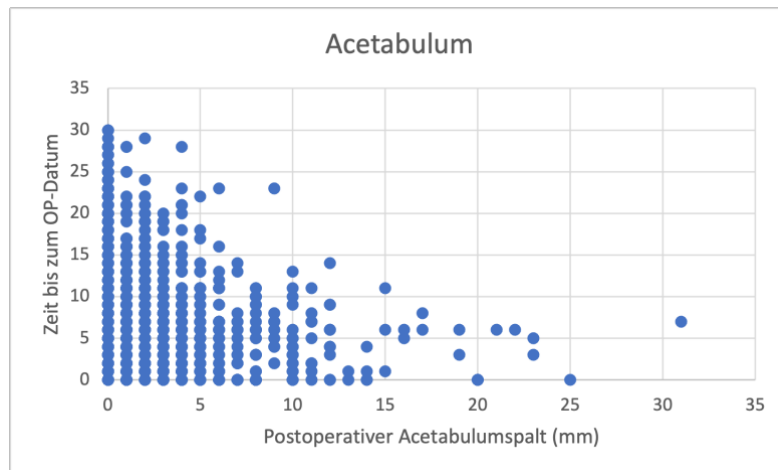


Abbildung 33: Postoperativer verbliebener Frakturspalt des Acetabulums; Millimeter (mm).

5. Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war ein Vergleich des klinischen und operativen Outcomes bei Patienten mit isolierten Beckenringverletzungen oder Acetabulumfrakturen und bei Patienten mit Kombinationsverletzungen von Beckenring bzw. Acetabulum und Thoraxtrauma, Schädel-Hirn-Trauma und Wirbelsäulentrauma.

5.1. Epidemiologische Daten

Das Patientenkollektiv, in der vorliegenden Studie zeigt ein Durchschnittsalter von 54,5 ± 23,2 Jahren. Vergleicht man dieses Durchschnittsalter mit der Literatur sowie mit statistischen Auswertungen der Todesursachen in der Bundesrepublik Deutschland (BRD), zeigt sich eine Zunahme des durchschnittlichen Patientenalters bei Traumapatienten, was auf die demographische Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland zurückzuführen ist ^{120–125}.

In unserem Patientenkollektiv zeigten sich 3 Altersgipfel. Diese Inhomogenität der Gruppe entsteht dadurch, dass die Patienten abhängig von der Verletzung ein bestimmtes Alter haben, d. h. Patienten mit Mehrfachverletzungen (1. Altersgipfel) sind aufgrund des meist bestehenden hochenergetischen Traumas jünger, während Patienten mit isolierten Verletzungen von Beckenring und/oder Acetabulum (2. und 3. Altersgipfel) älter waren, Diese Erkenntnis findet sich auch in der Literatur ^{10,20,32,41,62,69,126}.

Im Studienzeitraum wurden 55,3% Männer und 44,7% Frauen erfasst. Im Vergleich mit den Daten des allgemeinen Trauma Registers des DGU-10-Jahres-Kollektivs ¹²⁷ lag der Anteil männlicher Patienten hier deutlich niedriger (nämlich bei 70,6%). Allgemein sind in der BRD im Vergleich mit anderen europäischen Studien deutlich mehr Männer als Frauen von Unfällen und schweren Unfälle betroffen ^{122,128–130}. Eine Erklärung für den signifikant höheren Anteil von Männern im Trauma Register ist, dass vermutlich geschlechtsspezifisch höheres Risiko- und Freizeitverhalten, analog zum allgemeinen Gesundheitsverhalten, wie z.B. der Jahresbericht des Straßenverkehrs 2014 ¹³⁰ zeigte. Hier erlitten deutlich mehr Männer einen tödlichen Motorradunfall als Frauen, da der Anteil an motorradfahrenden Männern größer ist. Auch der Anteil von Männern in unfallträchtigen Tätigkeiten ist höher. Dies reflektiert sich auch im Anteil von

Arbeitsunfällen. 2015 waren ca. 70% der verunfallten Opfer Männer¹³¹. Aktuell nimmt der Anteil von Frauen in risikobehafteten Tätigkeiten zu und auch das Freizeitverhalten von Frauen ändert sich. Daher wird es hier vermutlich auch zu einer Änderung der Unfallstatistiken kommen.

5.2. Liegedauer

Die durchschnittliche stationäre Aufenthaltsdauer nach Beckenring- und Acetabulumfraktur betrug 23,52 Tage (0 – 287 Tage). Die Behandlung von Beckenfrakturen hängt sowohl vom hämodynamischen Status als auch von den Begleitverletzungen ab. Gemäß Konsens für die Therapie instabiler Beckenringfrakturen mit instabilem hämodynamischem Status werden diese Frakturen in der Regel notfallmäßig mit einem Fixateur externe (für den vorderen Beckenring) oder mit einer Beckenzwinge (C-Clamp) (für den hinteren Beckenring) stabilisiert, damit zunächst die Blutung zum Stehen kommt. Reicht dies zur Blutungskontrolle nicht aus, kommen interventionell-radiologische oder ein chirurgisches Verfahren zur Anwendung¹³²⁻¹³⁴. Der optimale Zeitpunkt für die definitive chirurgische Stabilisierung einer Beckenring- oder Acetabulumfraktur ist schwer zu definieren. Ein multidisziplinäres Vorgehen führt zu einer Verbesserung der Therapieergebnisse¹³⁵, und damit zu einem geringeren Verbrauch klinischer Ressourcen und einer Kostenreduzierung mit weniger Komplikationen und kürzeren Liegedauern¹³⁶.

Kürzere Liegedauern von Patienten mit isolierten Beckenringverletzungen finden sich auch in unserem Studienkollektiv. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Mehrheit der Patienten mit diesen Verletzungen nicht stationär behandelt wurden oder aber auch bei der Aufnahme oder kurz danach verstorben sind (0 Tage). Umgekehrt zeigt sich z.B. bei Patienten mit kombinierter Acetabulumfraktur + WS-Verletzungen eine durchschnittliche Liegedauer von 32,29 Tagen, was vermutlich auf das ursachliche Hochrasanztraumata zurückzuführen ist. Bei diesen Patienten mit Begleitverletzungen wurden aufgrund der begleitenden Wirbelsäulenverletzungen mehr operative Eingriffe (wie z.B. eine interne Fixierung der Wirbelsäule) durchgeführt, was zu einer Verlängerung der Aufenthaltsdauer führte.

5.3. Mortalität

Die Mortalität von Beckenfrakturen (mit oder ohne Begleitverletzungen) wird in der Literatur mit 6-13% angegeben, wobei die Mortalitätsrate in den letzten Jahrzehnten sinkt^{27,137-140}. Im Studienkollektiv verstarben 7,1% der Patienten mit kombinierten Verletzungen. Die höchste Mortalitätsrate zeigten Patienten mit kombinierten Beckenring- und SHT Verletzungen (11,3%), gefolgt von Patienten mit kombinierten Beckenring- und Thoraxverletzungen (10,1%).

Interessanterweise zeigen sich mehr kombinierte Beckenringfrakturen und Thoraxverletzungen als Beckenringfrakturen und Schädel-Hirn-Traumata. Da in diesen beiden Gruppen die meisten Patienten am Unfalltag verstarben, lag hypothetisch ursächlich ein tödliches Hochrasanztraumata vor. Thoraxverletzungen waren die häufigsten extrapelvinen Begleitverletzungen, gefolgt von Schädel-Hirn-Traumen⁴⁷.

Im Umkehrschluss sollten junge Patienten mit Beckenringfrakturen oder Hochrasanztraumata multidisziplinär untersucht werden, da häufig hämodynamisch instabilen Mehrfachverletzungen vorliegen, die eine hohe Sterblichkeitsrate von 19-31 % aufweisen. Ältere Patienten mit Frakturen aufgrund eines Low-impact-Traumas zeigen dagegen im Allgemeinen keine komplikationsträchtigen Begleitverletzungen.

5.4. Erythrozytenkonzentratgabe

Die Haupttodesursache bei Beckenfrakturen sind schwere Blutungen, die entweder von der Beckenfraktur oder den Begleitverletzungen herrühren. Durch die Einführung standardisierter Strategien im Traumamanagement (z. B. ATLS®), einschließlich der nicht-invasiven Stabilisierung des Beckens (z. B. Beckengurt), sowie aggressiver frühzeitiger Transfusionsverfahren können schwere Blutungen mit vitaler Bedrohung bei Beckenfrakturen wesentlich besser beherrscht werden^{132,140-143}. Die Transfusionstrategie bei Patienten mit schwerem Trauma und schweren Blutungen wurde bisher nicht aus Erkenntnissen großer, multizentrischer, randomisierter Studien abgeleitet. In den letzten zehn Jahren hat sich die Transfusionstherapie bei polytraumatisierten Patienten erheblich verändert, da weniger Kristalloide und zeitlich frühere, ausgewogenere Transfusionsverhältnisse zur Anwendung kommen, die versuchen, Vollblut zu ersetzen

^{140,144–150}. Diese Modifikationen führen zu geringeren Transfusionsraten, weniger entzündlichen Komplikationen und einem verbesserten Überleben ^{142,151–155}.

Bei Patienten mit Beckenringfrakturen, die auf einen Riss der Ligamenta sacrospinalia hindeuten, ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie eine Transfusion benötigen, deutlich höher. Anatomische Studien zeigen, dass eine Diastase in Bereich der Symphyse $\geq 2,5$ cm, eine signifikante Zunahme der Erythrozytengabe zur Folge hat ^{156,157}. Eine Unterbrechung des Iliosakralgelenkes (sogenannte Open-Book-Verletzung), verletzt häufig die iliolumbalen Gefäße, was zu starken Blutungen führt ¹⁵⁶. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass bei diesen Verletzungen eine höhere Blutungswahrscheinlichkeit besteht, die sich in einem höheren Transfusionsbedarf und einer höheren Rate an interventionell-radiologischen Maßnahmen (z.B. Coiling) äußern kann ^{132,158–160}. Andere Studien zeigen jedoch eine schwache Korrelation zwischen der Art der Beckenfraktur und den Blutungsraten ^{161,162}.

Wie oben dargelegt, haben sich zahlreiche Studien auf Blutungen im Zusammenhang mit Beckenringfrakturen konzentriert, während sich relativ wenige Autoren mit Blutungen im Zusammenhang mit Acetabulumfrakturen befassen. Letournel und Judet kommentierten den Schock nach Acetabulumfrakturen wie folgt: "Die Ursache des Schocks hängt mit der Schwere des Traumas und mit Blutungen aus der Frakturstelle und oft auch aus begleitenden viszeralen Läsionen zusammen. Die jeweilige Rolle der verschiedenen Elemente des resultierenden Schocks, kann schwer zuzuordnen sein ¹⁶³. Unsere Studie zeigt, dass in der Summe Patienten mit Acetabulumfrakturen genauso häufig transfundiert werden müssen wie Patienten mit Beckenringfrakturen. Wenn Transfusionen erforderlich waren, wurden sie in beiden Gruppen in gleichem Umfang benötigt. Diese Daten stehen im Gegensatz zu früheren Arbeiten z.B. von Dalal et al., die feststellten, dass Patienten mit Acetabulumfrakturen einen deutlich geringeren Transfusionsbedarf haben als Patienten mit Beckenringfrakturen ¹⁵⁹. Anzumerken ist jedoch, dass in dieser Studie die Acetabulumfrakturen ein Low-Energy-Trauma und weniger Begleitverletzungen aufwiesen als bei Patienten mit Beckenringfrakturen.

Frühere Arbeiten zeigten, dass Beckenringfrakturen mit größerer Verschiebung des Frakturspaltes einen höheren Transfusionsbedarf und eine höhere Sterblichkeit aufweisen

^{28,164}. Dieses Ergebnis resultiert vermutlich aus einem höheren Energiemoment was zu der Fragmentverschiebung führt.

Burgess et al ¹⁵⁸ stellten fest, dass die durchschnittliche Transfusionsmenge sowohl bei antero-posterioren sowie bei lateralen Kompressionsfrakturen mit zunehmendem Instabilitätsgrad von A auf C anstieg. Allerdings wurden mit zunehmendem Schweregrad der Beckenringfraktur auch häufigere Begleitverletzungen festgestellt, die eventuell auch zu dem höheren Transfusionsbedarf führten. Die wesentlich höheren durchschnittlichen Transfusionsmengen bei Typ-C-Frakturen in der Studie von Burgess (20,3 Einheiten) im Vergleich zur aktuellen Studie (10,3 Einheiten) unterstützen diese Schlussfolgerung.

Ergebnisse der PROMMTT (The Prospective, Observational, Multicenter, Major Trauma Transfusion) -Studie zeigten, dass eine frühe Verwendung höherer Mengen an Plasma und Thrombozyten mit einer verbesserten Überlebensrate in den ersten sechs Stunden nach der Aufnahme verbunden war. Diese Patienten bekamen in der ersten 24 Stunden durchschnittlich 4,81 Ek's transfundiert ^{148,165}. Diese Ergebnisse korrelieren auch mit unseren Daten, da die Patienten dieser Studie in den ersten 6 Stunden durchschnittlich 6,48 Ek's und binnen 24 Stunden weitere 3,7 Ek's transfundiert bekommen haben.

5.5. Injury Severity Score

Aufgrund der unterschiedlichen Fallzahl und dem Einschluss auch von Leichtverletzten in das Studienkollektiv liegt ein bezüglich des Patientenalters inhomogenes Patientenkollektiv vor.

Da unsere beiden Kontrollgruppen (isolierte Beckenringverletzungen und isolierte Acetabulumverletzungen) auch sehr unterschiedliche ISS-Mittelwerte zeigten, haben wir diese Gruppen für den Gruppenvergleich nicht berücksichtigt.

Das untersuchte Patientenkollektiv mit Kombinationsverletzungen nach Kriterien der DGU, zeigte einen mittleren ISS-Wert von $28,04 \pm 13,3$ Punkten (Range: 4 – 75 Punkte) was auf eine hohe Verletzungsschwere hinweist. In dem Trauma Register-DGU 10 Jahres Kollektiv zeigten die Patienten zum Beispiel einen ISS-Mittelwert von 20,1 Punkten. Das Studienkollektiv inkludiert auch diejenigen Patienten mit einem ISS-Wert von ≤ 16 . Von 14.937 Patienten des Studienkollektivs waren dies 2.012 Patienten, was einem

Prozentsatz von 13,47% entspricht. Um diese ISS-Ergebnisse mit einer Vielzahl von Studien ^{2,31,102,123,128,130,166} vergleichen zu können, müssten die Einschlusskriterien in den verschiedenen Studien übereinstimmen. Aufgrund der großen Heterogenität der Studien ist ein Vergleich jedoch nur bedingt möglich.

Aufgrund der Kombinationsverletzungen weist unser Patientenkollektiv aber sicher eine höhere Gesamtverletzungsschwere im Vergleich zu anderen Studien zum Versorgungszeitpunkt auf ¹⁶⁷⁻¹⁷⁰.

Übereinstimmend mit der Literatur zeigten kombinierte Beckenringfrakturen + SHT-Verletzungen sowie kombinierte Beckenringfrakturen und Thoraxtrauma die höchste Punktzahl ($28,42 \pm 14,04$ und $28,84 \pm 13,6$ Punkte) und damit die höchste Verletzungsschwere ¹⁶⁷⁻¹⁷².

Bei der Beurteilung der ISS-Werte in Korrelation mit der Klassifikation nach Tile zeigten sich Resultate, die in die gleiche Richtung deuten.

5.6. Klassifikation von Beckenringverletzungen

Betrachtet man die Frakturen nach der Tile-Klassifikation, erlitten 4.170 (40,9%) Patienten Frakturen vom Typ A, 3.165 (31,1 %) Frakturen vom Typ B und 2.850 (28%) Frakturen vom Typ C. Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren ISS-Wert von Frakturen des Typs A ($10,92 \pm 15,3$), Frakturen des Typs B ($26,03 \pm 15,37$) und Frakturen des Typs C ($35,42 \pm 14,40$) festgestellt werden. Im Umkehrschluss zeigte die Gruppe mit den schwersten Frakturen vom Typ Tile C auch den höchsten ISS-Score.

Eine englische Studie stellte einen Zusammenhang zwischen der Schwere der Beckenverletzungen und dem Alter her, und zeigte, dass die schwersten Beckenverletzungen (einschließlich offene Frakturen) meist junge erwachsene Männer durch Verkehrsunfälle betraf ²².

Epidemiologische Studien über Beckenringverletzungen aus Hannover ¹⁷³ und Brasilien ¹⁷⁴ zeigten deckungsgleich zu unseren Ergebnissen, dass Typ-A-Verletzungen (stabil) mit 54,8 % der Fälle am häufigsten waren (einschließlich einer stärkeren Beteiligung der

ischiopubischen Knochen) gefolgt Typ-B-Verletzungen (rotationsinstabil und vertikal stabil) und Typ-C-Verletzungen (rotationsinstabil und vertikal instabil).

Die Identifizierung des Frakturmusters (klassifiziert nach Tile et al.) ist nach Meinung vieler von größter Bedeutung, da bei stabilen Frakturen (Typ A) ein Schock eher einen intraabdominalen Ursprung hat, während dieser bei instabilen Frakturen (Typ B und C) eher auf eine intrapelvine Ursache zurückzuführen ist¹³².

Auch in unserer Studie war am häufigsten die Typ-A-Verletzung (stabil), und darunter war am häufigsten der Subtyp A2.3 (isolierte Fraktur des vorderen Beckenrings). Es folgten in der Häufigkeit Frakturen vom Typ-B (rotationsinstabil und vertikal stabil) und Typ-C (rotationsinstabil und vertikal instabil). Es zeigte sich, dass Typ-A-Frakturen (stabil) bei älteren Menschen und Typ-C-Verletzungen (rotations- und vertikal instabil) bei jüngeren Personen überwogen, d. h. letztere hatten die schwereren Beckenringverletzung.

5.7. Klassifikation der Acetabulumverletzungen nach Letournel

83% der Patienten erlitten eine einseitige Verletzung und 17% eine beidseitige Verletzung. Von den Patienten mit einseitiger Verletzung, hatte die Mehrheit eine vordere Pfeilerfraktur (ca. 38%) und ca. 30% eine hintere Wandverletzung. Bei der Gruppe mit einer beidseitigen Verletzung, erlitt die Mehrheit eine Zwei-Pfeiler-Fraktur (23,76%), gefolgt von einer hinteren Wand- und Pfeilerverletzung (19%). Dies stimmt mit den Daten der Literatur überein ¹⁷³⁻¹⁷⁵.

In der Vergangenheit haben viele Autoren betont, dass bei einer dislozierten Acetabulumfraktur die Genauigkeit der Reposition am besten mit einem guten klinischen Ergebnis korreliert ^{85,175-177}. Die aktuelle Studie zeigt, dass bei 58,42% der Patienten eine anatomische Reposition (0 – 1mm), bei 25,15% eine inkomplette Reposition (2 – 3mm) und bei 16,43% eine schlechte Reposition (> 3mm) erreicht wurde.

Die Verteilung der Frakturmuster am Acetabulum war in unserer Kohorte ähnlich wie in der europäischen Literatur, mit einer Dominanz der Frakturen der hinteren Wand, des vorderen Pfeilers und einer zwei-Pfeiler-Fraktur ^{34,178}.

5.8. Komplikationen

Im Vergleich unserer Daten mit anderen Studien zeigt sich eine numerische/prozentuale Abweichung sowohl nach oben als auch nach unten. Laird et al.³⁴ beschrieben folgende Komplikationen: 7,8% hatten Nervenverletzungen, 3% tiefe Venenthrombosen und 6,5% perioperative Infektionen. Ochs et al.¹⁷⁹ fanden im Vergleich zu unserer Kohorte eine niedrigere Komplikationsrate von 16 %. Die Ergebnisse waren hinsichtlich der Raten von tiefen Venenthrombosen (2,7 %), Lungenembolien (1,2 %) und Infektionen der Operationsstelle (1,4 %) hingegen höher als in unserer Kohorte.

In unserer Studie entwickelten 18,2% der Patienten eine Komplikation: Die häufigsten Komplikationen in unserer Studie waren ein perioperativer Infekt (3,1%), eine Nervenverletzungen (2,26%), eine Blutung (1,77%) und ein ARDS (1,76%). Unsere Daten korrelieren damit nur teilweise mit bereits publizierten Daten. Allgemein zeigte sich, dass Patienten mit einer Begleitverletzung bei Beckenringverletzung mehr Komplikationen entwickelten als die Patienten mit einer Begleitverletzung bei Acetabulumverletzung.

5.9. Todesursache

Da im Fall einer Beckenverletzung oft hohe kinematische Energien ursächlich sind, kommt es regelhaft zu begleitenden schweren Verletzungen an Rumpf, Kopf und Extremitäten. Häufig treten unkontrollierte Blutungen auf, die zu einem Schock führen können, und damit eine der letalen Hauptursachen sind¹⁸⁰.

In unserer Studie zeigte sich eine Gesamtmortalität von 7,1%. Die Mehrheit der Gestorbenen erlag einer begleitenden Kopfverletzung (25,5%) oder Blutung (18,1%).

Dieses Erkenntnis deckt sich teilweise auch mit anderen Studienergebnissen: Ooi et al.¹⁸⁰ stellen auch Kombinationsverletzungen von Beckenring + SHT als am häufigsten als letal verlaufend dar. An 2. Stelle folgt jedoch das begleitende Thoraxtrauma^{180,181}. Schließlich ist anzumerken, dass alle Begleitverletzungen zu einem Anstieg des ISS

beitragen und unabhängig von der Ursache häufiger zu einem Tod durch hämorrhagischen Schock führen^{182,183}.

5.10. Unfallumstände

Unsere Ergebnisse zeigen, dass Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen die häufigste Ursache für Kombinationsverletzungen von Beckenring + SHT, sowie für Kombinationsverletzungen von Beckenring + Thorax sind, gefolgt von Sturz aus großer Höhe für Kombinationsverletzungen von Beckenring + Wirbelsäule sowie von isolierter Beckenringfraktur sind.

Bei Acetabulumfrakturen sind, insbesondere für Frakturen der hinteren Wand (69,2 %) und der hinteren Säule (66,7 %) Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen die Hauptursache. Es folgt der Sturz aus großer Höhe (28,8 %), die auch als Hauptursache für die vordere Säule, beide Säulen und Patienten über 50 Jahre festgestellt wurde. Der Sturz aus großer Höhe könnte die höhere Inzidenz von Frakturen der vorderen Säule (18,4 %) in unserer Studie im Vergleich zu anderer Literatur¹⁸⁴ erklären. Dies deckt sich mit anderen Studien^{21,34,161,180,185,186}.

5.11. Versorgungsqualität

Unsere Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied mit den postoperativen Komplikationen und dem Repositionsergebnis im Vergleich mit der Zeit bis zum OP-Datum.

Verschiedene Studien haben bewiesen, dass eine Verzögerung der definitiven operativen Versorgung von mehr als 3 Wochen mit einer schlechten Qualität der Frakturposition und des chirurgischen Ergebnisses verbunden ist^{22,31,34,44,85,186,187}.

6. Zusammenfassung

Wissenschaftlicher Hintergrund:

Ein polytraumatisierter Patient weist in der Regel ein komplexes Verletzungsbild auf, das durch den Schweregrad der Beckenring-/Acetabulumfraktur und/oder die Begleitverletzungen bestimmt wird. Schwierig und individuell zu entscheiden ist immer die Frage des optimalen Behandlungszeitpunktes für eine definitive Frakturversorgung. Bei hämodynamisch instabilen Patienten ist eine Notfallstabilisierung der ursächlichen Fraktur mittels Beckenzwinge, C-Clamp oder supraacetabulärem Fixateur externe obligat. Im Intervall muss dann eine definitive osteosynthetische Stabilisierung erfolgen. Abhängig vom Zustand des Patienten und der chirurgischen Expertise, sollte die definitive chirurgische Behandlung innerhalb der ersten 3-5 Tage nach dem Unfall erfolgen.

Allgemein zeigt sich, dass eine verzögerte Versorgung von mehr als drei Wochen mit einem schlechteren Ergebnis in Bezug auf die Qualität der Frakturreposition verbunden ist. Dies ist relevant, da die Exaktheit der chirurgischen Reposition der Fraktur vor allem beim Acetabulum direkt mit dem Ergebnis im klinischen Outcome korreliert. Das Ziel dieser Arbeit war ein Vergleich des klinischen und operativen Outcomes bei Patienten mit isolierten Beckenringverletzungen und Acetabulumfrakturen und Patienten mit Kombinationsverletzungen von Beckenring bzw. Acetabulum und Thorax-, Schädel-Hirn- und Wirbelsäulentrauma.

Material und Methoden:

14.937 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 55 Jahren, mit Becken- und/oder Acetabulumverletzungen aus einem Zeitraum von 15 Jahren (2003 – 2017) wurden evaluiert. Bei der Datenerfassung wurden die Begleitverletzungen dokumentiert und in dieser Arbeit in 8 Subgruppen unterteilt, jeweils mit Begleitverletzungen von SHT, Thorax und Wirbelsäule.

Ergebnisse:

Durchschnittlich verbrachen die Patienten 24 Tagen in stationärer Behandlung und wiesen einen ISS-Wert von 28 auf. Im Nachuntersuchungszeitraum verstarben 7,1%

(1.060) Patienten an kombinierten Ursachen. Die Patienten mit einer kombinierten Beckenringverletzung und SHT zeigten die höchste Mortalitätsrate (11,3%). Die Transfusionsrate in den ersten 6 Stunden nach dem Unfall betrug durchschnittlich 6,5 Ek's. Bei Patienten mit Begleitverletzungen wurden mehr Notfallstabilisierungen durchgeführt. Ebenso wurden Patienten mit einer isolierten Beckenring- oder Acetabulumverletzung häufiger primär mit einer definitiven osteosynthetischen Stabilisierung versorgt, was aufgrund der stabilen Kreislauf-Situation häufig möglich war. 18,2% unserer Patienten entwickelten eine Komplikation während des stationären Aufenthaltes.

Fazit:

Patienten mit Kombinationsverletzungen aus Beckenring-/Acetabulumfraktur und Thorax-, Schädel-Hirn- oder Wirbelsäulentrauma zeigen höhere Komplikations- und Sterblichkeitsraten, sowie eine längere stationären Aufenthaltsdauer als isolierte Beckenring-/Acetabulumfrakturen. Die Versorgungsqualität hingegen wird durch die Begleitverletzung nicht beeinträchtigt.

7. Literaturverzeichnis

1. Statistisches Bundesamt Deutschland. Todesursachen in Deutschland. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
2. Kühne CA, Ruchholtz S, Buschmann C, et al. Polytraumaversorgung in Deutschland • Eine Standortbestimmung. *Unfallchirurg*. 2006;109(5):357-366. doi:10.1007/s00113-005-1049-2
3. Bayer J, Pache G, Hammer TO, Zwingmann J, Südkamp NP, Strohm PC. Polytraumaversorgung in Deutschland. Klinikabhängige Unterschiede in der Ressourcenvorhaltung und bei diagnostischen Konzepten. *Chirurg*. 2013;84(4):316-321. doi:10.1007/s00104-012-2445-0
4. Keel M, Trentz O. Pathophysiology of polytrauma. *Injury*. 2005;36(6):691-709. doi:10.1016/j.injury.2004.12.037
5. Nolte PC, Häske D, Lefering R, et al. Training to identify red flags in the acute care of trauma: Who are the patients at risk for early death despite a relatively good prognosis? An analysis from the TraumaRegister DGU®. *World J Emerg Surg*. 2020;15(1):1-7. doi:10.1186/s13017-020-00325-0
6. Kahl JE, Calvo RY, Sise MJ, Sise CB, Thorndike JF, Shackford SR. The changing nature of death on the trauma service. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;75(2):195-201. doi:10.1097/TA.0b013e3182997865
7. ACS CAC of S. *Advanced Trauma Life Support*.; 2015.
8. Stahel PF, Heyde CE, Wyrwich W, Ertel W. Aktuelle konzepte des polytraumamanagements: Von ATLS zu “damage control.” *Orthopade*. 2005;34(9):823-836. doi:10.1007/s00132-005-0842-5
9. Kanz KG, Sturm JA, Mutschler W. Algorithmus für die präklinische versorgung bei polytrauma. *Unfallchirurg*. 2002;105(11):1007-1014. doi:10.1007/s00113-002-0518-0
10. Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D. Epidemiologie des schwerverletzten - Eine prospektive erfassung der präklinischen und klinischen versorgung. *Unfallchirurg*. 2000;103(5):355-363. doi:10.1007/s001130050550
11. Schwab CW. Introduction: Damage control at the start of 21st century. *Injury*. 2004;35(7):639-641. doi:10.1016/j.injury.2004.03.001
12. Pape HC, Peitzman AB, Rotondo MF, Giannoudis P V. *Damage Control Management in the Polytrauma Patient*.; 2017. doi:10.1007/978-3-319-52429-0
13. Chrysou K, Halat G, Hokschi B, Schmid RA, Kocher GJ. Lessons from a large trauma center: Impact of blunt chest trauma in polytrauma patients-still a relevant problem? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2017;25(1):1-6. doi:10.1186/s13049-017-0384-y
14. Hildebrand F, Giannoudis P V., Griensven M Van, et al. Management of polytraumatized patients with associated blunt chest trauma: A comparison of two European countries. *Injury*. 2005;36(2):293-302. doi:10.1016/j.injury.2004.08.012

15. Von Rüden C, Bühren V, Perl M. Polytraumamanagement - Behandlung des Schwerverletzten in Schockraum und OP. *Z Orthop Unfall*. 2017;155(5):603-622. doi:10.1055/s-0042-124275
16. Mucha, P. J and MBF. Analysis of pelvic fracture management. *J Trauma*. 1984;24(5):379-386.
17. Ragnarsson B, Jacobsson B. Epidemiology of pelvic fractures in a swedish county. *Acta Orthop*. 1992;63(3):297-300. doi:10.3109/17453679209154786
18. Hauschild O, Strohm PC, Culemann U, et al. Mortality in patients with pelvic fractures: Results from the German pelvic injury register. *J Trauma - Inj Infect Crit Care*. 2008;64(2):449-455. doi:10.1097/TA.0b013e31815982b1
19. Stuby FM, Schäffler A, Haas T, König B, Stöckle U, Freude T. Insuffizienzfrakturen des Beckenrings. *Unfallchirurg*. 2013;116(4):351-366. doi:10.1007/s00113-012-2349-y
20. Pereira GJC, Damasceno ER, Dinhane DI, Bueno FM, Leite JBR, Ancheschi B da C. Epidemiology of pelvic ring fractures and injuries. *Rev Bras Ortop (English Ed)*. 2017;52(3):260-269. doi:10.1016/j.rboe.2017.05.012
21. Yoshihara H, Yoneoka D. Demographic epidemiology of unstable pelvic fracture in the United States from 2000 to 2009: Trends and in-hospital mortality. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;76(2):380-385. doi:10.1097/TA.0b013e3182ab0cde
22. Grotz MRW, Allami MK, Harwood P, Pape HC, Krettek C, Giannoudis P V. Open pelvic fractures: Epidemiology, current concepts of management and outcome. *Injury*. 2005;36(1):1-13. doi:10.1016/j.injury.2004.05.029
23. Adams JE, Davis GG, Alexander CB, Alonso JE. Pelvic trauma in rapidly fatal motor vehicle accidents. *J Orthop Trauma*. 2003;17(6):406-410. doi:10.1097/00005131-200307000-00003
24. Fuchs T, Rottbeck U, Hofbauer V, Raschke M, Stange R. Beckenringfrakturen im Alter : Die unterschätzte osteoporotische Fraktur. *Unfallchirurg*. 2011;114(8):663-670. doi:10.1007/s00113-011-2020-z
25. Burkhardt M, Nienaber U, Krause J, et al. Das komplexe Beckentrauma: Matching des Beckenregisters DGU mit dem TraumaRegister DGU®. *Unfallchirurg*. 2015;118(11):957-962. doi:10.1007/s00113-014-2565-8
26. Burkhardt M, Nienaber U, Holstein JH, et al. Trauma registry record linkage: Methodological approach to benefit from complementary data using the example of the German Pelvic Injury Register and the TraumaRegister DGU®. *BMC Med Res Methodol*. 2013;13(1):1. doi:10.1186/1471-2288-13-30
27. Holstein JH, Culemann U, Pohlemann T. What are predictors of mortality in patients with pelvic fractures? *Trauma. Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(8):2090-2097. doi:10.1007/s11999-012-2276-9
28. Poole G V., Ward EF, Muakkassa FF, Hsu HSH, Griswold JA, Rhodes RS. Pelvic fracture from major blunt trauma: Outcome is determined by associated injuries. *Ann Surg*. 1991;213(6):532-539. doi:10.1097/00000658-199106000-00002

29. Buller LT, Best MJ, Quinnan SM. A Nationwide Analysis of Pelvic Ring Fractures. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2016;7(1):9-17. doi:10.1177/2151458515616250
30. Tscherne H, Pohlemann T. *Tscherne Unfallchirurgie: Becken Und Acetabulum.* Springer Berlin Heidelberg; 2014. <https://books.google.de/books?id=WfbLoQEACAAJ>.
31. Mauffrey C, Hao J, Cuellar DO, et al. The Epidemiology and Injury Patterns of Acetabular Fractures: Are the USA and China Comparable? *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472(11):3332-3337. doi:10.1007/s11999-014-3462-8
32. Ferguson TA, Patel R, Bhandari M, Matta JM. Fractures of the acetabulum in patients aged 60 years and older: An epidemiological and radiological study. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 2010;92(2):250-257. doi:10.1302/0301-620X.92B2.22488
33. Fleischer G, Kallieris D, Käppner R, Schmidt G. [Quantitative trauma mechanics in pelvic fracture]. *Unfallchirurg.* 1995;98(7):398-405.
34. Laird A, Keating JF. Acetabular fractures. A 16-year prospective epidemiological study. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 2005;87(7):969-973. doi:10.1302/0301-620X.87B7.16017
35. Stevens JM, Shiels S, Whitehouse MR, Ward AJ, Chesser TJ, Acharya M. Bilateral acetabular fractures: Mechanism, fracture patterns and associated injuries. *J Orthop.* 2020;18:28-31. doi:10.1016/j.jor.2019.10.012
36. Martinek H. [Fractures of the posterior acetabular wall]. *Hefte Unfallheilkd.* 1975;(124):76-79.
37. Oberländer W. [The stress of the human hip joint. V. The distribution of bone density in the human acetabulum (author's transl)]. *Z Anat Entwicklungsgesch.* 1973;140(3):367-384.
38. Killed M, Annually MI, Cole TB. Global Road Safety Crisis Remedy Sought. *Jama.* 2004;291(21):2531. doi:10.1001/jama.291.21.2531
39. Feigin VL, Theadom A, Barker-Collo S, et al. Incidence of traumatic brain injury in New Zealand: A population-based study. *Lancet Neurol.* 2013;12(1):53-64. doi:10.1016/S1474-4422(12)70262-4
40. Maas AIR, Menon DK, Adelson PD, et al. Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *Lancet Neurol.* 2017;16(12):987-1048. doi:10.1016/S1474-4422(17)30371-X
41. Li M, Zhao Z, Yu G, Zhang J. Epidemiology of Traumatic Brain Injury over the World: A Systematic Review. *Gen Med Open Access.* 2016;04(05):1-14. doi:10.4172/2327-5146.1000275
42. Lehmann U, Rickels E, Krettek C. Polytrauma mit schädel-hirn-trauma. Primär definitive operative versorgung der langen röhrenknochen? *Unfallchirurg.* 2001;104(3):196-209. doi:10.1007/s001130050715
43. GesundheitBerichterstattung des Bundes: Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000/Eckdaten der vollstationären Patienten und Patientinnen für das Jahr 2018; ICD 10 S00–S09: Verletzungen des Kopfes. e. www.gbe-bund.de.
44. Maegele M, Lefering R, Sakowitz O, et al. Inzidenz und Versorgung des

- mittelschweren bis schweren Schädel-Hirn-Traumas. *Dtsch Arztebl Int.* 2019;116(10):167-173. doi:10.3238/arztebl.2019.0167
45. Rosenfeld J V., Maas AI, Bragge P, Morganti-Kossmann MC, Manley GT, Gruen RL. Early management of severe traumatic brain injury. *Lancet.* 2012;380(9847):1088-1098. doi:10.1016/S0140-6736(12)60864-2
 46. Maas AIR, Stocchetti N, Bullock R. Moderate and severe traumatic brain injury in adults, Maas AIR et al. *Lancet N.* 2008;7(August).
 47. Siegmeth A, Müllner T, Kukla C, Vécsei V. Begleitverletzungen beim schweren beckenrauma. *Unfallchirurg.* 2000;103(7):572-581. doi:10.1007/s001130050585
 48. Chiumello D, Coppola S, Froio S, Gregoretti C, Consonni D. Noninvasive ventilation in chest trauma: Systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2013;39(7):1171-1180. doi:10.1007/s00134-013-2901-4
 49. Ernstberger A, Joeris A, Daigl M, et al. Decrease of morbidity in road traffic accidents in a high income country - An analysis of 24,405 accidents in a 21 year period. *Injury.* 2015;46:S135-S143. doi:10.1016/S0020-1383(15)30033-4
 50. LoCicero J, Mattox KL. Epidemiology of chest trauma. *Surg Clin North Am.* 1989;69(1):15-19. doi:10.1016/S0039-6109(16)44730-4
 51. J.C. P. Acute Respiratory Failure in Severe Blunt Chest Trauma. *J Trauma.* 1982;22(3).
 52. GesundheitBerichterstattung des Bundes: Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000/Eckdaten der vollstationären Patienten und Patientinnen für das Jahr 2018; ICD 10 S20-29: Verletzungen des Thorax. www.gbe-bund.de.
 53. GesundheitBerichterstattung des Bundes: Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000/Eckdaten der vollstationären Patienten und Patientinnen für das Jahr 2018; ICD 10 S14: Verletzung der Nerven und des Rückenmarkes in Halshöhe. www.gbe-bund.de.
 54. GesundheitBerichterstattung des Bundes: Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000/Eckdaten der vollstationären Patienten und Patientinnen für das Jahr 2018; ICD 10 T09: Sonstige Verletzungen der Wirbelsäule und des Rumpfes, Höhe nicht näher bezeichnet. www.gbe-bund.de.
 55. GesundheitBerichterstattung des Bundes: Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000/Eckdaten der vollstationären Patienten und Patientinnen für das Jahr 2018; ICD 10 S33.5: Verstauchung oder Zerrung der Lendenwirbelsäule. www.gbe-bund.de.
 56. James VandenBerg, MD, MSCa, b, Kevin Cullison, MD b, c, Susan A. Fowler, MLIS d, Matthew S. Parsons, MDe, Christopher M. McAndrew, MD, MSCf, and Christopher R. Carpenter, MD Msc. Blunt Thoracolumbar-Spine Trauma Evaluation in the Emergency Department: A Meta-Analysis of Diagnostic Accuracy for History, Physical Examination, and Imaging. *J Emerg Med.* 2019;56(2):153–165. doi:10.1016/j.jemermed.2018.10.032.
 57. Pouw MH, Deunk J, Brink M, et al. Is a pelvic fracture a predictor for thoracolumbar spine fractures after blunt trauma? *J Trauma - Inj Infect Crit Care.* 2009;67(5):1027-1032. doi:10.1097/TA.0b013e31818cb261

58. Bouillon B, Lefering R, Paffrath T, Sturm J, Hoffmann R. Versorgung Schwerverletzter in Deutschland: Einfluss des TraumaRegister DGU®. *Unfallchirurg*. 2016;119(6):469-474. doi:10.1007/s00113-016-0193-1
59. Holstein JH, Stuby FM, Herath SC, Culemann U, Aghayev E, Pohlemann T. Einfluss des Beckenregisters der DGU auf die Versorgung von Beckenringfrakturen. *Unfallchirurg*. 2016;119(6):475-481. doi:10.1007/s00113-016-0168-2
60. Küper MA, Trulson A, Stuby FM, Stöckle U. Pelvic ring fractures in the elderly. *EFORT Open Rev*. 2019;4(6):313-320. doi:10.1302/2058-5241.4.180062
61. Gänsslen A, Oestern HJ. Azetabulumfrakturen. *Chirurg*. 2011;82(12):1133-1150. doi:10.1007/s00104-011-2135-3
62. H. Tscherne TP. *Tscherne Unfallchirurgie: Becken Und Acetabulum*. (Haas NP, Krettek C, eds.). Berlin, Heidelberg.: Springer; 2014. doi:10.1007/978-3-540-68741-2
63. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS, Karam MD, Kellam JF. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S1-S170. doi:10.1097/BOT.0000000000001063
64. Gerónimo D, López AM. *Classification*. Vol 0.; 2014. doi:10.1007/978-1-4614-7987-1_3
65. Tile M. Fractures of the Pelvis. In: *The Rationale of Operative Fracture Care*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2005:239-290.
66. Bazzocchi A, Gómez MPA, Bartoloni A, Guglielmi G. Emergency and Trauma of the Elbow. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2017;21(3):257-281. doi:10.1055/s-0037-1602415
67. Resnik CS, Stackhouse DJ, Shanmuganathan K, Young JWR. Diagnosis of pelvic fractures in patients with acute pelvic trauma: Efficacy of plain radiographs. *Am J Roentgenol*. 1992;158(1):109-112. doi:10.2214/ajr.158.1.1727335
68. Grieser T. Radiological diagnosis of pelvic ring fractures. *Radiologe*. 2020;60(3):226-246. doi:10.1007/s00117-020-00656-8
69. Schwemmler K SK. Abdominelle Begleitverletzungen der Beckenfrakturen. *Unfallchirurgie I*. 1985;1(38):7-11.
70. Collinge C and PT. Soft tissue injuries associated with pelvic fractures. *Orthop Clin North Am*. 2004;35(4):451-456.
71. Culemann U and HR. Injuries of the pelvic ring. *Unfallchirurg*. 1997;100(6):487-496.
72. Pohlemann T., U. Culemann, A. Gänsslen et al. Severe pelvic injury with pelvic mass hemorrhage: determining severity of hemorrhage and clinical experience with emergency stabilization. *Unfallchirurg*. 1996;99(10):734-743.
73. Bosch U, Pohlemann T, Haas N TH. Klassifikation und Management des komplexen Beckentraumas [Classification and management of complex pelvic trauma]. *Unfallchirurg*. 1992;95(4):189-196.

74. Cryer HM, Miller FB, Evers BM, Rouben LR SD. Pelvic fracture classification: correlation with hemorrhage. *J Trauma*. 1988;28(7):973-980.
75. Tile M. Fractures of the acetabulum. *Ration Oper Fract Care Third Ed*. 2005:291-340. doi:10.1007/3-540-27708-0_13
76. Dias MVF, Goldsztajn F, Guimarães JM, Grizendi JA, Correia M, Rocha TH. Epidemiology of Acetabulum Fractures Treated At the Instituto Nacional De Traumatologia E Ortopedia (Into). *Rev Bras Ortop (English Ed)*. 2010;45(5):474-477. doi:10.1016/s2255-4971(15)30438-9
77. Spanjersberg WR, Knops SP, Schep NWL, van Lieshout EMM, Patka P, Schipper IB. Effectiveness and complications of pelvic circumferential compression devices in patients with unstable pelvic fractures: A systematic review of literature. *Injury*. 2009;40(10):1031-1035. doi:10.1016/j.injury.2009.06.164
78. Esmer E, Esmer E, Derst P, Schulz M, Siekmann H, Delank KS. Einfluss der externen Beckenstabilisierung bei hämodynamisch instabilen Beckenfrakturen. *Unfallchirurg*. 2017;120(4):312-319. doi:10.1007/s00113-015-0119-3
79. Felix S, Hanschen M, Biberthaler P. Blutungskontrolle bei Beckenverletzungen. *Trauma und Berufskrankheit*. 2016;18:173-180. doi:10.1007/s10039-015-0115-4
80. Culemann U, Oestern HJ, Pohlemann T. Aktuelle behandlung der beckenringfraktur. *Unfallchirurg*. 2014;117(2):145-161. doi:10.1007/s00113-014-2558-7
81. Culemann U, Reilmann H. Terminologie und Klassifikation der Beckenverletzungen. *OP-Journal*. 2003;19(2):100-104. doi:10.1055/s-2007-977620
82. Shi HF, Xiong J, Chen YX, Wang JF, Wang YH. Radiographic analysis of the restoration of hip joint center following open reduction and internal fixation of acetabular fractures: A retrospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15(1). doi:10.1186/1471-2474-15-277
83. Iqbal F, Taufiq I, Kazim M, Najjad R, Khan N, Zia O Bin. Hp-28-217. 2016;28(4):217-224.
84. Badami DRN, Shetty DMS, Kumar DMA. Functional and radiological outcome of acetabular fractures and the factors affecting the outcome. *Int J Orthop Sci*. 2017;3(4e):314-320. doi:10.22271/ortho.2017.v3.i4e.42
85. Matta JM. Fractures of the acetabulum: Accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1996;78(11):1632-1645. doi:10.1055/s-0030-1267077
86. Liu L, Fan S, Chen Y, et al. Biomechanics of anterior ring internal fixation combined with sacroiliac screw fixation for tile C3 pelvic fractures. *Med Sci Monit*. 2020;26:1-10. doi:10.12659/MSM.915886
87. Küper MA, Bachmann R, Wenig GF, et al. Associated abdominal injuries do not influence quality of care in pelvic fractures — a multicenter cohort study from the German Pelvic Registry. 2020:1-9.
88. Guthrie HC, Owens RW, Bircher MD. Fractures of the pelvis. *J Bone Jt Surg -*

- Ser B.* 2010;92 B(11):1481-1488. doi:10.1302/0301-620X.92B11.25911
89. Mohanty K, Musso D, Powell JN, Kortbeek JB, Kirkpatrick AW. Emergent management of pelvic ring injuries: An update. *Can J Surg.* 2005;48(1):49-56.
 90. Scheyerer MJ, Zimmermann SM, Osterhoff G, et al. Anterior subcutaneous internal fixation for treatment of unstable pelvic fractures. *BMC Res Notes.* 2014;7(1):1-10. doi:10.1186/1756-0500-7-133
 91. Simpson T, Krieg JC, Heuer F, Bottlang M. Stabilization of Pelvic Ring Disruptions with a Circumferential Sheet. *J Trauma.* 2002;52(1):158-161. doi:10.1097/00005373-200201000-00027
 92. Vécsei V, Negrin LL, Hajdu S. Today's role of external fixation in unstable and complex pelvic fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2010;36(2):100-106. doi:10.1007/s00068-010-1048-7
 93. Zhang Y, Liu Y, Wu C, et al. Treatment of unstable pelvic ring injuries with an internal anterior fixator: Initial clinical series. *Int J Clin Exp Med.* 2016;9(9):18637-18644.
 94. Cole PA, Dyskin EA, Gilbertson JA. Minimally-invasive fixation for anterior pelvic ring disruptions. *Injury.* 2015;46:S27-S34. doi:10.1016/S0020-1383(15)30008-5
 95. Keel MJB, Bastian JD, Büchler L, Siebenrock KA. Anteriore Zugänge zum Acetabulum. *Unfallchirurg.* 2013;116(3):213-220. doi:10.1007/s00113-012-2332-7
 96. E L. Acetabulum fractures: classification and management. *Clin Orthop.* 1980;(151):81-106.
 97. Volker Ewerbeck, AW, Paul Alfred Grützner, Franz Holz K-LK. Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. In: 4. Auflage. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag; 2014.
 98. Keel MJB. Beckenring und Acetabulum. *Unfallchirurg.* 2013;116(3):196-197. doi:10.1007/s00113-012-2328-3
 99. Siebenrock KA, Tannast M, Bastian JD, Keel MJB. Posteriore Zugänge zum Acetabulum. *Unfallchirurg.* 2013;116(3):221-226. doi:10.1007/s00113-012-2333-6
 100. Teasdale G JB. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet.* 1974;(2):81-84. doi:10.1080/14635240.1999.10806094
 101. Miller JD. Minor, moderate and severe head injury. *Neurosurg Rev.* 1986;9(1-2):135-139. doi:10.1007/BF01743065
 102. Masson F, Thicoipe M, Aye P, et al. Epidemiology of severe brain injuries: a prospective population-based study. *J Trauma.* 2001;51(3):481-489. doi:10.1097/00005373-200109000-00010
 103. Kampfl A, Schmutzhard E, Franz G, et al. Prediction of recovery from post-traumatic vegetative state with cerebral magnetic-resonance imaging. *Lancet.* 1998;351(9118):1763-1767. doi:10.1016/S0140-6736(97)10301-4
 104. Bayer J, Lefering R, Reinhardt S, Kühle J, Südkamp NP, Hammer T. Severity-

- dependent differences in early management of thoracic trauma in severely injured patients - Analysis based on the TraumaRegister DGU®. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2017;25(1):1-10. doi:10.1186/s13049-017-0354-4
105. Wanek S, Mayberry JC. Blunt thoracic trauma: Flail chest, pulmonary contusion, and blast injury. *Crit Care Clin.* 2004;20(1):71-81. doi:10.1016/S0749-0704(03)00098-8
 106. Kleinman PK, Schlesinger AE. Mechanical factors associated with posterior rib fractures: Laboratory and case studies. *Pediatr Radiol.* 1997;27(1):87-91. doi:10.1007/s002470050073
 107. Marro A, Chan V, Haas B, Ditekofsky N. Blunt chest trauma: classification and management. *Emerg Radiol.* 2019;26(5):557-566. doi:10.1007/s10140-019-01705-z
 108. Wightman JM, Gladish SL. Explosions and blast injuries. *Ann Emerg Med.* 2001;37(6):664-678. doi:10.1067/mem.2001.114906
 109. Black AN, Burns BD, Zuckerman S. An Experimental Study of the Wounding Mechanism of High-velocity Missiles. *Br Med J.* 1941;2(4224):872-874. doi:10.1136/bmj.2.4224.872
 110. Trupka A, Nast-Kolb D, Schweiberer L. [Thoracic trauma]. *Unfallchirurg.* 1998;101(4):244-258. doi:10.1007/s001130050265
 111. Reske AW, Costa EL V, Reske AP, et al. Bedside estimation of nonaerated lung tissue using blood gas analysis. *Crit Care Med.* 2013;41(3):732-743. doi:10.1097/CCM.0b013e3182711b6e
 112. Waydhas C, Nast-Kolb D. [Chest injury. Part I: Significance--symptoms--diagnostic procedures]. *Unfallchirurg.* 2006;109(9):777-784; quiz 785. doi:10.1007/s00113-006-1149-7
 113. Waydhas C, Nast-Kolb D. [Chest injury. Part II: Management of specific injuries]. *Unfallchirurg.* 2006;109(10):881-884. doi:10.1007/s00113-006-1150-1
 114. Matschke S, Krämer P, Wendl K, Grützner PA. Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule: Aktuelle Therapiestandards. *Trauma und Berufskrankheit.* 2015;17:307-314. doi:10.1007/s10039-015-0020-x
 115. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J.* 1994;3(4):184-201. doi:10.1007/BF02221591
 116. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, et al. Local injection of lentivirus encoding LINGO-1-shRNA promotes functional recovery in rats with complete spinal cord transection. *Spine (Phila Pa 1976).* 2028;38(23):1632-1639. doi:10.1097/BRS.ObOI
 117. Vaccaro AR, Hulbert RJ, Patel AA, et al. The subaxial cervical spine injury classification system: a novel approach to recognize the importance of morphology, neurology, and integrity of the disco-ligamentous complex. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(21):2365-2374. doi:10.1097/BRS.0b013e3181557b92
 118. Kandziora F, Scholz M, Schleicher P, Pingel A. Die neue AOSpine-Klassifikation: Alles einfacher? *Trauma und Berufskrankheit.* 2017;19(2):56-68.

doi:10.1007/s10039-017-0259-5

119. Schleicher P, Kobbe P, Blauth M. Unfallchirurgische Leitlinien für Diagnostik und Therapie - Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule. *AWMF online*. 2017;(012):1-27. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-0321_S1_Verletzungen-der-sububaxialen-HWS_2018-01.pdf.
120. Statistisches Bundesamt Wiesbaden D. *Todesursachen in Deutschland 2012.*; 2012.
121. Statistisches Bundesamt Wiesbaden D. *Todesursache in Deutschland 2013.*; 2013.
122. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung*. Berlin, Se.; 2006.
123. Kinzl L, Gebhard F, Arand M. [Polytrauma and economics]. *Unfallchirurgie*. 1996;22(4):179-185.
124. WHO. World Health Organization, Global status report on road safety 2015. 2015.
125. Statistisches Bundesamt Wiesbaden D. *Todesursache in Deutschland 2014.*; 2014.
126. Demetriades D, Karaiskakis M, Velmahos GC, Alo K, Murray J, Chan L. Pelvic fractures in pediatric and adult trauma patients: Are they different injuries? *J Trauma*. 2003;54(6):1146-1151. doi:10.1097/01.TA.0000044352.00377.8F
127. (DGU), Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie; Sektion Intensiv- & Notfallmedizin S (NIS) und A-A der UG. Jahresbericht des TraumaRegisters DGU 2014. 2014.
128. Otte D, Pohlemann T, Wiese B, Krettek C. [Changes in the injury pattern of polytraumatized patients over the last 30 years]. *Unfallchirurg*. 2003;106(6):448-455. doi:10.1007/s00113-003-0620-y
129. Häusler, J-MCT, Benno; Arnet, Beat; Hüsler, Jürg; Zimmermann H. Der Luxus zu verunfallen: Die volkswirtschaftlichen Kosten von Polytrauma. *Suva Med Schweizerische Unfallversicherungsanstalt SUVA*. 2008;79:4-10.
130. Auerbach K. *Psychische Folgen von Verkehrsunfällen, Bergisch Gladbach, Bundesanstalt Für Straßenwesen: Mensch Und Sicherheit.*; 2014.
131. Unfallversicherung DG. *Arbeitsunfallgeschehen 2015.*; 2016.
132. Eastridge BJ, Starr A, Minei JP, O'Keefe GE, Scalea TM. The importance of fracture pattern in guiding therapeutic decision-making in patients with hemorrhagic shock and pelvic ring disruptions. *J Trauma - Inj Infect Crit Care*. 2002;53(3):446-450. doi:10.1097/00005373-200209000-00009
133. Marzi I, Lustenberger T. Management of bleeding pelvic fractures. *Scand J Surg*. 2014;103(2):104-111. doi:10.1177/1457496914525604
134. Niola R, Pinto A, Sparano A, Ignarra R, Romano L, Maglione F. Arterial Bleeding in Pelvic Trauma: Priorities in Angiographic Embolization. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2012;41(3):93-101. doi:10.1067/j.cpradiol.2011.07.008
135. Perkins ZB, Maytham GD, Koers L, Bates P, Brohi K, Tai NRM. Impact on

- outcome of a targeted performance improvement programme in haemodynamically unstable patients with a pelvic fracture. *Bone Jt J.* 2014;96 B(8):1090-1097. doi:10.1302/0301-620X.96B8.33383
136. Vallier HA, Dolenc AJ, Moore TA. Early appropriate care: A protocol to standardize resuscitation assessment and to expedite fracture care reduces hospital stay and enhances revenue. *J Orthop Trauma.* 2016;30(6):306-311. doi:10.1097/BOT.0000000000000524
 137. Blackmore CC, Jurkovich GJ, Linnau KF, et al. Assessment of volume of hemorrhage and outcome from pelvic fracture. *Arch Surg.* 2003;138(5):504-509. doi:10.1001/archsurg.138.5.504
 138. Gaski IA, Barckman J, Naess PA, et al. Reduced need for extraperitoneal pelvic packing for severe pelvic fractures is associated with improved resuscitation strategies. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;81(4):644-651. doi:10.1097/TA.0000000000001139
 139. Black SR, Sathy AK, Jo CH, Wiley MR, Minei JP, Starr AJ. Improved survival after pelvic fracture: 13-year experience at a single trauma center using a multidisciplinary institutional protocol. *J Orthop Trauma.* 2016;30(1):22-28. doi:10.1097/BOT.0000000000000443
 140. Borgman MA, Spinella PC, Perkins JG, et al. The ratio of blood products transfused affects mortality in patients receiving massive transfusions at a combat support hospital. *J Trauma - Inj Infect Crit Care.* 2007;63(4):805-813. doi:10.1097/TA.0b013e3181271ba3
 141. Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, et al. Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: The PROPPR randomized clinical trial. *JAMA - J Am Med Assoc.* 2015;313(5):471-482. doi:10.1001/jama.2015.12
 142. Holcomb JB, Wade CE, Michalek JE, et al. Increased plasma and platelet to red blood cell ratios improves outcome in 466 massively transfused civilian trauma patients. *Ann Surg.* 2008;248(3):447-456. doi:10.1097/SLA.0b013e318185a9ad
 143. Schweigkofler U, Wohlrath B, Trentsch H, et al. Diagnostics and early treatment in prehospital and emergency-room phase in suspicious pelvic ring fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2018;44(5):747-752. doi:10.1007/s00068-017-0860-0
 144. Holcomb JB, Jenkins D, Rhee P, et al. Damage control resuscitation: directly addressing the early coagulopathy of trauma. *J Trauma.* 2007;62(2):307-310. doi:10.1097/TA.0b013e3180324124
 145. Holcomb JB, Pati S. Optimal trauma resuscitation with plasma as the primary resuscitative fluid: the surgeon's perspective. *Hematol Am Soc Hematol Educ Progr.* 2013;2013:656-659. doi:10.1182/asheducation-2013.1.656
 146. Shaz BH, Dente CJ, Nicholas J, et al. Increased number of coagulation products in relationship to red blood cell products transfused improves mortality in trauma patients. *Transfusion.* 2010;50(2):493-500. doi:10.1111/j.1537-2995.2009.02414.x
 147. Cotton BA, Reddy N, Hatch QM, et al. Damage control resuscitation is associated with a reduction in resuscitation volumes and improvement in

- survival in 390 damage control laparotomy patients. *Ann Surg.* 2011;254(4):598-605. doi:10.1097/SLA.0b013e318230089e
148. Holcomb JB, del Junco DJ, Fox EE, et al. The prospective, observational, multicenter, major trauma transfusion (PROMMTT) study: comparative effectiveness of a time-varying treatment with competing risks. *JAMA Surg.* 2013;148(2):127-136. doi:10.1001/2013.jamasurg.387
 149. Johansson PI, Sørensen AM, Larsen CF, et al. Low hemorrhage-related mortality in trauma patients in a Level I trauma center employing transfusion packages and early thromboelastography-directed hemostatic resuscitation with plasma and platelets. *Transfusion.* 2013;53(12):3088-3099. doi:10.1111/trf.12214
 150. Langan NR, Eckert M, Martin MJ. Changing patterns of in-hospital deaths following implementation of damage control resuscitation practices in US forward military treatment facilities. *JAMA Surg.* 2014;149(9):904-912. doi:10.1001/jamasurg.2014.940
 151. Sperry JL, Ochoa JB, Gunn SR, et al. An FFP:PRBC transfusion ratio $\geq 1:1.5$ is associated with a lower risk of mortality after massive transfusion. *J Trauma.* 2008;65(5):986-993. doi:10.1097/TA.0b013e3181878028
 152. Huber-Wagner S, Qvick M, Mussack T, et al. Massive blood transfusion and outcome in 1062 polytrauma patients: a prospective study based on the Trauma Registry of the German Trauma Society. *Vox Sang.* 2007;92(1):69-78. doi:10.1111/j.1423-0410.2006.00858.x
 153. Duchesne JC, Hunt JP, Wahl G, et al. Review of current blood transfusions strategies in a mature level I trauma center: were we wrong for the last 60 years? *J Trauma.* 2008;65(2):272-278. doi:10.1097/TA.0b013e31817e5166
 154. Ho AM-H, Karmakar MK, Dion PW. Are we giving enough coagulation factors during major trauma resuscitation? *Am J Surg.* 2005;190(3):479-484. doi:10.1016/j.amjsurg.2005.03.034
 155. Holcomb JB, Zarzabal LA, Michalek JE, et al. Increased platelet:RBC ratios are associated with improved survival after massive transfusion. *J Trauma.* 2011;71(2 Suppl 3):S318-28. doi:10.1097/TA.0b013e318227edbb
 156. Baqué P, Trojani C, Delotte J, et al. Anatomical consequences of “open-book” pelvic ring disruption: a cadaver experimental study. *Surg Radiol Anat.* 2005;27(6):487-490. doi:10.1007/s00276-005-0027-2
 157. Moss MC, Bircher MD. Volume changes within the true pelvis during disruption of the pelvic ring--where does the haemorrhage go? *Injury.* 1996;27 Suppl 1:S-A21-3. doi:10.1016/0020-1383(96)83790-9
 158. Burgess AR, Eastridge BJ, Young JW, et al. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols. *J Trauma.* 1990;30(7):848-856.
 159. Dalal SA, Burgess AR, Siegel JH, 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):981-982.
 160. Hamill J, Holden A, Paice R, Civil I. Pelvic fracture pattern predicts pelvic arterial haemorrhage. *Aust N Z J Surg.* 2000;70(5):338-343. doi:10.1046/j.1440-

1622.2000.01822.x

161. Sarin EL, Moore JB, Moore EE, et al. Pelvic fracture pattern does not always predict the need for urgent embolization. *J Trauma*. 2005;58(5):973-977. doi:10.1097/01.ta.0000171985.33322.b4
162. Starr AJ, Griffin DR, Reinert CM, et al. Pelvic ring disruptions: prediction of associated injuries, transfusion requirement, pelvic arteriography, complications, and mortality. *J Orthop Trauma*. 2002;16(8):553-561. doi:10.1097/00005131-200209000-00003
163. Letournel E, Judet R, Elson R. *Fractures of the Acetabulum*. Berlin; New York: Springer-Verlag; 1993.
164. Blackmore CC, Cummings P, Jurkovich GJ, Linnau KF, Hoffer EK, Rivara FP. Predicting major hemorrhage in patients with pelvic fracture. *J Trauma*. 2006;61(2):346-352. doi:10.1097/01.ta.0000226151.88369.c9
165. del Junco DJ, Holcomb JB, Fox EE, et al. Resuscitate early with plasma and platelets or balance blood products gradually: findings from the PROMMTT study. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;75(1 Suppl 1):S24-30. doi:10.1097/TA.0b013e31828fa3b9
166. Abdelrahman H, El-Menyar A, Keil H, et al. Patterns, management, and outcomes of traumatic pelvic fracture: Insights from a multicenter study. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):1-11. doi:10.1186/s13018-020-01772-w
167. Vallier HA, Cureton BA, Ekstein C, Oldenburg FP, Wilber JH. Early definitive stabilization of unstable pelvis and acetabulum fractures reduces morbidity. *J Trauma - Inj Infect Crit Care*. 2010;69(3):677-684. doi:10.1097/TA.0b013e3181e50914
168. Plaisier BR, Meldon SW, Super DM, Malangoni MA. Improved outcome after early fixation of acetabular fractures. *Injury*. 2000;31(2):81-84. doi:10.1016/s0020-1383(99)00233-8
169. Enninghorst N, Toth L, King KL, McDougall D, Mackenzie S, Balogh ZJ. Acute definitive internal fixation of pelvic ring fractures in polytrauma patients: a feasible option. *J Trauma*. 2010;68(4):935-941. doi:10.1097/TA.0b013e3181d27b48
170. Connor GS, McGwin GJ, MacLennan PA, Alonso JE, Rue LW 3rd. Early versus delayed fixation of pelvic ring fractures. *Am Surg*. 2003;69(12):1014-1019.
171. Goldstein A, Phillips T, Sclafani SJ, et al. Early open reduction and internal fixation of the disrupted pelvic ring. *J Trauma*. 1986;26(4):325-333. doi:10.1097/00005373-198604000-00004
172. Latenser BA, Gentilello LM, Tarver AA, Thalgott JS, Batdorf JW. Improved outcome with early fixation of skeletally unstable pelvic fractures. *J Trauma*. 1991;31(1):28-31. doi:10.1097/00005373-199101000-00006
173. Gänsslen A, Pohlemann T, Paul C, Lobenhoffer P, Tscherner H. Epidemiology of pelvic ring injuries. *Injury*. 1996;27 Suppl 1:S-A13-20.
174. ALCEU GOMES CHUEIRE , GUARACY CARVALHO FILHO, ANTONIO FERNANDO DOS SANTOS KPP. Fraturas do anel pélvico : Estudo

- epidemiológico Pelvic ring fractures : Epidemiological study. 2004;(17):5-11.
175. Templeman DC, Olson S, Moed BR, Duwelius P, Matta JM. Surgical treatment of acetabular fractures. *Instr Course Lect*. 1999;48:481-496.
 176. Rommens PM, Schwab R, Handrich K, Arand C, Wagner D, Hofmann A. Open reduction and internal fixation of acetabular fractures in patients of old age. *Int Orthop*. 2020;44(10):2123-2130. doi:10.1007/s00264-020-04672-0
 177. de Ridder VA, de Lange S, Kingma L, Hogervorst M. Results of 75 consecutive patients with an acetabular fracture. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(305):53-57.
 178. Halwai MA, Manzoor QW, Wani MI, Mir BA. The epidemiology and fracture patterns of acetabular fractures in a tertiary care centre of North India: A hospital based study. *Int J Orthop Sci*. 2019;5(2.1):18-21. doi:10.22271/ortho.2019.v5.i2a.04
 179. Ochs BG, Marintschev I, Hoyer H, et al. Changes in the treatment of acetabular fractures over 15 years: Analysis of 1266 cases treated by the German Pelvic Multicentre Study Group (DAO/DGU). *Injury*. 2010;41(8):839-851. doi:10.1016/j.injury.2010.04.010
 180. Ooi CK, Goh HK, Tay SY, Phua DH. Patients with pelvic fracture: What factors are associated with mortality? *Int J Emerg Med*. 2010;3(4):299-304. doi:10.1007/s12245-010-0224-6
 181. Sánchez-Tocino JM, Turégano-Fuentes F, Pérez-Díaz D, et al. [Severe pelvic fractures, associated injuries and hemodynamic instability: incidence, management and outcome in our center]. *Cir Esp*. 2007;81(6):316-323. doi:10.1016/s0009-739x(07)71330-1
 182. Tosounidis TI, Giannoudis P V. Pelvic fractures presenting with haemodynamic instability: treatment options and outcomes. *Surgeon*. 2013;11(6):344-351. doi:10.1016/j.surge.2013.07.004
 183. Cheng M, Cheung M-T, Lee K-Y, et al. Improvement in institutional protocols leads to decreased mortality in patients with haemodynamically unstable pelvic fractures. *Emerg Med J*. 2015;32(3):214-220. doi:10.1136/emmermed-2012-202009
 184. Liebergall M, Mosheiff R, Low J, Goldvirt M, Matan Y, Segal D. Acetabular fractures. Clinical outcome of surgical treatment. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;(366):205-216.
 185. Giannoudis P V, Grotz MRW, Papakostidis C, Dinopoulos H. Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(1):2-9.
 186. Madhu R, Kotnis R, Al-Mousawi A, et al. Outcome of surgery for reconstruction of fractures of the acetabulum. *J Bone Jt Surg - Ser B*. 2006;88(9):1197-1203. doi:10.1302/0301-620X.88B9.17588
 187. Katsoulis E, Giannoudis P V. Impact of timing of pelvic fixation on functional outcome. *Injury*. 2006;37(12):1133-1142. doi:10.1016/j.injury.2006.07.017

8. Anhang

8.1. Anhang 1

AG Becken

Beckenregister DGU
Datenerhebungsbogen 2019



Aufnahme	
pseudonymisierte ID: _____	interne Bemerkung: _____
Unfallort <input type="radio"/> Unfall zu Hause <input type="radio"/> Unfall beim Sport <input type="radio"/> Unfall bei der Arbeit <input type="radio"/> Unfall im Krankenhaus <input type="radio"/> anderer <input type="radio"/> k. A.	Lebenssituation <input type="radio"/> zu Hause, selbständig <input type="radio"/> zu Hause, pflegebedürftig <input type="radio"/> im Pflegeheim, selbständig <input type="radio"/> im Pflegeheim, pflegebedürftig <input type="radio"/> andere <input type="radio"/> k. A.
Patient jünger als 16 Jahre <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> unbekannt <input type="radio"/> k. A.	Implantat oder Osteosynthese vor Ort <input type="radio"/> keine <input type="radio"/> Hüftprothese <input type="radio"/> Osteosynthese <input type="radio"/> andere <input type="radio"/> k. A.
Fraktur Frakturtyp <input type="radio"/> Beckenring <input type="radio"/> Acetabulum <input type="radio"/> Kombination aus beidem <input type="radio"/> k. A. Traumaart <input type="radio"/> isoliertes Becken <input type="radio"/> Polytrauma <input type="radio"/> Mehrfachverletzungen <input type="radio"/> k. A. Komplextrauma Becken <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> unbekannt <input type="radio"/> k. A.	Beckenverletzung Beckenbedingte hämodynamische Instabilität bei Aufnahme <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> unbekannt <input type="radio"/> k. A. Präklinische mechanische Beckenstabilisierung <input type="radio"/> keine <input type="radio"/> Beckengurt <input type="radio"/> Vakuummatratze <input type="radio"/> andere: _____ <input type="radio"/> k. A.
Betroffene pelvine Organe <input type="checkbox"/> Blase <input type="checkbox"/> Urethra <input type="checkbox"/> pelvine Gefäße <input type="checkbox"/> retroperitoneales Hämatom <input type="checkbox"/> Plexusläsion einseitig <input type="checkbox"/> Plexusläsion beidseitig <input type="checkbox"/> Vagina <input type="checkbox"/> Sigma <input type="checkbox"/> Rektum <input type="checkbox"/> offene Fraktur <input type="checkbox"/> perianale Weichteile <input type="checkbox"/> Morel-Lavallée-Läsion <input type="checkbox"/> andere: _____	War die präklinische Beckenstabilisierung effektiv <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> unbekannt <input type="radio"/> k. A. Bemerkung zur präklinischen Beckenstabilisierung _____
Blutkonserven innerhalb der ersten drei Stunden <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> unbekannt <input type="radio"/> k. A.	

Diagnostik	
pseudonymisierte ID: _____ interne Bemerkung: _____	
Diagnostik Becken Röntgen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. CT <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.	Dual-Energy-CT <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. MRT <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.



Notfallintervention	
Mechanische Notfallstabilisierung im Schockraum Mechanische Notfallstabilisierung im Schockraum durchgeführt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Maßnahmen der mechanischen Notfallstabilisierung im Schockraum <input type="checkbox"/> Tuchrolle <input type="checkbox"/> Beckengurt <input type="checkbox"/> Beckenzwinge <input type="checkbox"/> Fixateur externe im Schockraum Dauer bis Abschluss der Notfallmaßnahmen _____ min Maßnahme effektiv <input type="checkbox"/> effektiv <input type="checkbox"/> ineffektiv <input type="checkbox"/> k. A.	Akutintervention Becken Akutintervention Becken <input type="checkbox"/> keine weiteren Maßnahmen <input type="checkbox"/> nur Beckentamponade <input type="checkbox"/> nur Embolisation <input type="checkbox"/> 1. Embolisation + 2. Beckentamponade <input type="checkbox"/> 1. Beckentamponade + 2. Embolisation <input type="checkbox"/> weitergehende Maßnahmen (z.B. Laparotomie) _____ <input type="checkbox"/> k. A. Dauer von Aufnahme bis Abschluss der Akutintervention _____ min Ergebnis der Akutintervention <input type="checkbox"/> effektiv <input type="checkbox"/> ineffektiv <input type="checkbox"/> k. A. Bemerkung zum Ergebnis der Akutintervention Becken _____
Mechanische Notfallstabilisierung im OP beim Becken Wurde eine Notfalloperation beim Becken durchgeführt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Maßnahme effektiv <input type="checkbox"/> effektiv <input type="checkbox"/> ineffektiv <input type="checkbox"/> k. A. Dauer bis Notfalloperation _____ min	Notfalloperation Becken im OP <input type="checkbox"/> Beckenzwinge <input type="checkbox"/> Fixateur externe <input type="checkbox"/> perkutane Osteosynthese <input type="checkbox"/> offene Osteosynthese <input type="checkbox"/> andere oder kombinierte Maßnahmen (Freitext) _____

Beckenring Verletzungsmuster	
pseudonymisierte ID: _____ interne Bemerkung: _____	
Verletzungsmuster Becken Transsymphysär: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.	Transpubisch: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.
Transacetabulär: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Transiliosakral: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.	Transiliakal <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Transsakral: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.

Beckenring Klassifikation	
Klassifikation nach TILE <input type="checkbox"/> A1 <input type="checkbox"/> A2 <input type="checkbox"/> A3 <input type="checkbox"/> B1 <input type="checkbox"/> B2 <input type="checkbox"/> B3 <input type="checkbox"/> C1 <input type="checkbox"/> C2 <input type="checkbox"/> C3 <input type="checkbox"/> AC iso <input type="checkbox"/> AC + Tile A/B <input type="checkbox"/> k. A.	FFP-Klassifikation <input type="checkbox"/> FFP Ia <input type="checkbox"/> FFP Ib <input type="checkbox"/> FFP IIa <input type="checkbox"/> FFP IIb <input type="checkbox"/> FFP IIc <input type="checkbox"/> FFP IIIa <input type="checkbox"/> FFP IIIb <input type="checkbox"/> FFP IIIc <input type="checkbox"/> FFP IVa <input type="checkbox"/> FFP IVb <input type="checkbox"/> FFP Ivc <input type="checkbox"/> nicht zutreffend <input type="checkbox"/> k. A.
Klassifikation nach AO/OTA 2018 Frakturtyp <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> k. A. Frakturgruppe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> k. A. Fraktursubgruppe <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> k. A.	Modifikator <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> k. A.

Beckenring spezielle Therapie	
<p>pseudonymisierte ID: _____ interne Bemerkung: _____</p>	
<p>Spezielle Therapie</p> <p><input type="checkbox"/> konservativ <input type="checkbox"/> operativ <input type="checkbox"/> k. A.</p>	<p>Symphysenstabilisierung</p> <p>Wurde eine Symphysenstabilisierung durchgeführt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Symphysenstabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> Platte nicht winkelstabil <input type="checkbox"/> Platte winkelstabil <input type="checkbox"/> andere _____ <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>
<p>Os pubis Stabilisierung</p> <p>Wurde eine Stabilisierung des Os pubis durchgeführt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der rechten bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> Platte <input type="checkbox"/> Fixateur externe <input type="checkbox"/> Fixateur interne <input type="checkbox"/> Schrauben mit Navigation <input type="checkbox"/> Schrauben ohne Navigation <input type="checkbox"/> andere _____ <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>	<p>Auf welcher Seite war die Stabilisierung des Os pubis? <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> beidseits <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der linken bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> Platte <input type="checkbox"/> Fixateur externe <input type="checkbox"/> Fixateur interne <input type="checkbox"/> Schrauben mit Navigation <input type="checkbox"/> Schrauben ohne Navigation <input type="checkbox"/> andere _____ <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>
<p>Iliumstabilisierung</p> <p>Wurde eine Iliumstabilisierung durchgeführt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der rechten bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> Platte <input type="checkbox"/> Platte + Schraube <input type="checkbox"/> Schrauben mit Navigation <input type="checkbox"/> Schrauben ohne Navigation <input type="checkbox"/> andere _____ <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>	<p>Auf welcher Seite war die Stabilisierung des Iliums? <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> beidseits <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der linken bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> Platte <input type="checkbox"/> Platte + Schraube <input type="checkbox"/> Schrauben mit Navigation <input type="checkbox"/> Schrauben ohne Navigation <input type="checkbox"/> andere _____ <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>

Beckenring spezielle Therapie	
<p>pseudonymisierte ID: _____ interne Bemerkung: _____</p>	
<p>SI-Gelenkstabilisierung</p> <p>Wurde eine Stabilisierung des SI-Gelenks durchgeführt?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der rechten bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + ventrale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + SI-Verschraubung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + spinopelviner Fixateur</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben mit Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben ohne Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> ilioiliakale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> andere Zusatzmaßnahmen (z.B. Augmentation, transsakrale Fixierung) _____</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>	<p>Auf welcher Seite war die Stabilisierung des SI-Gelenks?</p> <p><input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> beidseits <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der rechten bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + ventrale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + SI-Verschraubung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + spinopelviner Fixateur</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben mit Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben ohne Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> ilioiliakale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> andere Zusatzmaßnahmen (z.B. Augmentation, transsakrale Fixierung) _____</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>
<p>Sakrum-Stabilisierung</p> <p>Wurde eine Sakrum-Stabilisierung durchgeführt?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der rechten bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + ventrale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + SI-Verschraubung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + spinopelviner Fixateur</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben mit Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben ohne Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> ilioiliakale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> andere Zusatzmaßnahmen (z.B. Augmentation, transsakrale Fixierung) _____</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>	<p>Auf welcher Seite war die Stabilisierung des Sakrums?</p> <p><input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> beidseits <input type="checkbox"/> k. A.</p> <p>Bei Stabilisierung der rechten bzw. beider Seite(n):</p> <p>Stabilisierung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + ventrale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + SI-Verschraubung</p> <p><input type="checkbox"/> ORIF + spinopelviner Fixateur</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben mit Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> GRIF + perkutane Schrauben ohne Navigation</p> <p><input type="checkbox"/> ilioiliakale Platte</p> <p><input type="checkbox"/> andere Zusatzmaßnahmen (z.B. Augmentation, transsakrale Fixierung) _____</p> <p>Operationsdatum _____._____._____</p> <p>Osteosynthesekomplikation</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.</p>
<p>Vorderer Beckenring: maximal verbliebene Stufe / Spalte / Dislokation postoperativ Beckenring ventral _____ mm</p>	<p>Hinterer Beckenring: maximal verbliebene Stufe / Spalte / Dislokation postoperativ Beckenring dorsal _____ mm</p>

Acetabulum Prä-OP	
pseudonymisierte ID: _____ interne Bemerkung: _____	
Pfannendachbogen ap <input type="checkbox"/> > 40° <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> k. A.	Frakturstufe im CT: ap _____ mm Frakturspalt im CT: ap _____ mm
Trümmerzone ap <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> > 50% <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> k. A.	Reposition dorsale Luxation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.
Reposition nach Trauma (Dauer) _____ Std.	

Acetabulum Klassifikation	
Letournel links <input type="checkbox"/> hintere Wand <input type="checkbox"/> hinterer Pfeiler <input type="checkbox"/> vordere Wand <input type="checkbox"/> vorderer Pfeiler <input type="checkbox"/> Querfraktur <input type="checkbox"/> hintere Wand + hinterer Pfeiler <input type="checkbox"/> Querfraktur + hintere Wand <input type="checkbox"/> T-Fraktur <input type="checkbox"/> vorderer Pfeiler + hintere hemiquere Fraktur <input type="checkbox"/> Zwei-Pfeiler-Fraktur <input type="checkbox"/> k. A. <input type="checkbox"/> nicht klassifizierbar	Letournel rechts <input type="checkbox"/> hintere Wand <input type="checkbox"/> hinterer Pfeiler <input type="checkbox"/> vordere Wand <input type="checkbox"/> vorderer Pfeiler <input type="checkbox"/> Querfraktur <input type="checkbox"/> hintere Wand + hinterer Pfeiler <input type="checkbox"/> Querfraktur + hintere Wand <input type="checkbox"/> T-Fraktur <input type="checkbox"/> vorderer Pfeiler + hintere hemiquere Fraktur <input type="checkbox"/> Zwei-Pfeiler-Fraktur <input type="checkbox"/> k. A. <input type="checkbox"/> nicht klassifizierbar

Acetabulum spezielle Therapie	
Operation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Operationsziel <input type="checkbox"/> anatomische Rekonstruktion + Stabilisierung <input type="checkbox"/> Stabilisierung + Hüft-TEP <input type="checkbox"/> Hüft-TEP ohne Stabilisierung <input type="checkbox"/> k. A. Spezifizierung _____ Operationsdatum der Stabilisierung _____ Osteosynthesekomplikation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Spezifizierung _____	Erste Operation Zugänge <input type="checkbox"/> Kocher-Langenbeck <input type="checkbox"/> ilioinguinal <input type="checkbox"/> Paracetus <input type="checkbox"/> ventral + dorsal einzeitig <input type="checkbox"/> ventral + dorsal zweizeitig <input type="checkbox"/> Stoppa <input type="checkbox"/> Stoppa mit lateralem Fenster <input type="checkbox"/> perkutan <input type="checkbox"/> anderer zweiter Zugang Bemerkung _____ Operationsdauer _____ min

Acetabulum spezielle Therapie	
pseudonymisierte ID: _____	interne Bemerkung: _____
Hüftkopfschaden <input type="checkbox"/> keiner <input type="checkbox"/> nicht erhoben <input type="checkbox"/> Kontusion <input type="checkbox"/> Impression <input type="checkbox"/> Pipkin <input type="checkbox"/> Kombi <input type="checkbox"/> k. A.	Zweite Operation Zugänge <input type="checkbox"/> Kocher-Langenbeck <input type="checkbox"/> ilioinguinal <input type="checkbox"/> Paracetus <input type="checkbox"/> Stoppa <input type="checkbox"/> Stoppa mit lateralem Fenster <input type="checkbox"/> perkutan <input type="checkbox"/> andere
AC-Schaden <input type="checkbox"/> keiner <input type="checkbox"/> nicht erhoben <input type="checkbox"/> Kontusion <input type="checkbox"/> Impression <input type="checkbox"/> Kombi <input type="checkbox"/> k. A.	Bemerkung _____ Operationsdauer _____ min
Intraartikuläre Fragmente <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> im Gelenkspalt <input type="checkbox"/> Fossa acetabuli <input type="checkbox"/> Kombinationen <input type="checkbox"/> andere <input type="checkbox"/> k. A.	

Acetabulum Post-OP	
Prophylaxe heterotope Ossifikationen <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> NSAR <input type="checkbox"/> Radiatio <input type="checkbox"/> NSAR + Radiatio <input type="checkbox"/> k. A.	Frakturstufe im CT: ap _____ mm Frakturspalt im CT: ap _____ mm Subluxation _____ mm
Postoperative Kongruenz: ap <input type="checkbox"/> parallel (kongruent) <input type="checkbox"/> nicht parallel (nicht kongruent)	

Kinder	
Sono durchgeführt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.	MRT durchgeführt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.
MRT 6-Monatskontrolle durchgeführt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.	Bemerkung _____

Osteoporose	
Osteoporose bekannt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.	Ursache _____
Osteoporosetherapie vor Frakturereignis Osteoporosetherapie <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Falls Osteoporosetherapie ja, bitte spezifizieren: <input type="checkbox"/> Vitamin D <input type="checkbox"/> spezifische Osteoporosemedikation Spezifikation der Osteoporosetherapie _____	Osteoporosetherapie nach Frakturereignis Osteoporosetherapie <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Falls Osteoporosetherapie ja, bitte spezifizieren: <input type="checkbox"/> Vitamin D <input type="checkbox"/> spezifische Osteoporosemedikation Spezifikation der Osteoporosetherapie _____

Osteoporose	
pseudonymisierte ID: _____ interne Bemerkung: _____	
Labordiagnostik der Osteoporose Osteoporose spezifisches Labor <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Falls ja, pathologische Werte: <input type="checkbox"/> BSG/CRP <input type="checkbox"/> Blutbild <input type="checkbox"/> Ca <input type="checkbox"/> Krea-Cl <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> GGT <input type="checkbox"/> Elektrophorese <input type="checkbox"/> TSH <input type="checkbox"/> Testosteron <input type="checkbox"/> Vitamin D	Anhalt für sekundäre Osteoporose <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Knochenumbauparameter erhöht <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A.

Neurologie, Verlauf, Entlassung	
Gab es Komplikationen während des stationären Aufenthaltes? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Falls ja, welche: <input type="checkbox"/> Thrombose <input type="checkbox"/> Embolie <input type="checkbox"/> ARDS <input type="checkbox"/> MOV <input type="checkbox"/> Neurologie <input type="checkbox"/> Infekt oberflächlich <input type="checkbox"/> Infekt tief <input type="checkbox"/> Blutung <input type="checkbox"/> Hämatom <input type="checkbox"/> Serom <input type="checkbox"/> sekundäre Dislokation <input type="checkbox"/> andere _____	Osteosynthesekomplikation <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> Infekt <input type="checkbox"/> Nervenschaden iatrogen <input type="checkbox"/> intraoperative Blutung <input type="checkbox"/> Implantatfehlage ohne Reosteosynthese <input type="checkbox"/> Implantatfehlage mit Reosteosynthese <input type="checkbox"/> Implantatlockerung <input type="checkbox"/> andere (Freitext) _____ <input type="checkbox"/> k. A.
Entlassungs-Todesdatum ____ . ____ . ____ Entlassung/Verlegung <input type="checkbox"/> Entlassung nach Hause <input type="checkbox"/> Entlassung ins Pflegeheim <input type="checkbox"/> Verlegung in Reha-Klinik <input type="checkbox"/> Sonstige <input type="checkbox"/> Tod <input type="checkbox"/> k. A. Bemerkung _____	Falls Tod: Ist die Todesursache bekannt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> unbekannt <input type="checkbox"/> k. A. Falls Todesursache bekannt: Todesursache <input type="checkbox"/> SHT <input type="checkbox"/> Verblutung <input type="checkbox"/> Sepsis/MOV <input type="checkbox"/> andere _____ Todesursache Verblutung <input type="checkbox"/> Becken <input type="checkbox"/> andere

Legende: Mehrfachauswahlfelder
 Einfachauswahlfelder

9. Erklärung zum Eigenanteil

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Priv.-Doz. Dr. med. B. Ulmar (Leitender Arzt ARCUS Klinik Pforzheim) und Professor Dr. med. M. Küper (Stv. Sektionsleiter Becken-/ Acetabulumchirurgie, BG Klinik Tübingen). Die Korrektur des Manuskriptes erfolgte durch beide.

Die Daten-Recherche erfolgte durch Priv.-Doz. Dr. med. B. Ulmar, Professor Dr. med. M. Küper und mich, Luis Alfredo Navas Contreras. Die Daten wurden aus dem Datensatz der AG „Becken III“ der DGU herausgefiltert.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Anleitung und Aufsicht von Prof. Dr. Wolf-Dieter Heller (KIT [Karlsruher Institut für Technologie]) durch Herrn Prof. Dr. Heller und mich.

Herr Prof. Küper und Priv.-Doz. Ulmar haben zusammen mit mir die Veröffentlichung verfasst.

Ich versichere, das Manuskript selbständig nach Anleitung durch Herrn Priv.-Doz. Dr. B. Ulmar und Prof. Dr. M. Küper verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

10. Veröffentlichung

Navas, L., Mengis, N., Zimmerer, A. *et al.* Patients with combined pelvic and spinal injuries have worse clinical and operative outcomes than patients with isolated pelvic injuries analysis of the German Pelvic Registry. *BMC Musculoskeletal Disord* **23**, 251 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05193-0>

11. Plagiat Erklärung

Ich erkläre, dass ich diese Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass ich weder direkt noch indirekt von Dritten für Arbeiten, die mit dem Inhalt der eingereichten Arbeit in Zusammenhang stehen, finanziell begünstigt worden bin und dass die eingereichte Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form bei keiner anderen Prüfungsstelle für ein Promotions- oder sonstiges Prüfungsverfahren im In- oder Ausland vorgelegt worden ist. Alle in der Arbeit verwendeten oder direkt referenzierten Materialien, die aus anderen Quellen oder von anderen Personen stammen, sind entsprechend gekennzeichnet. Insbesondere werden alle Personen genannt, die unmittelbar an der Erstellung des Dokuments beteiligt waren.

Datum:

Unterschrift

12. Danksagung

Frau Prof. Dr. med. Tina Histing, danke ich für die Überlassung dieses interessanten Themas.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Priv.-Doz. Dr. Benjamin Ulmar und meinem Mitbetreuer Prof. Dr. med. Markus Küper für die Unterstützung, gute Betreuung und Korrektur dieser Dissertationsarbeit. Ebenfalls danken möchte ich Frau Dr. med. Natalie Mengis für die Hilfestellung beim Promotionsantrag.

Ganz herzlich möchte ich mich bei Prof. Dr. Wolf-Dieter Heller bedanken, der mich bei der statistischen Auswertung unterstützt hat.

Nicht zuletzt möchte ich mich auch ganz herzlich bei meiner Familie und meinen Freunden für die dauerhafte und tiefgreifende Unterstützung während meiner Promotionsarbeit bedanken.