

Aus dem Zentrum für Chirurgie, Klinik für Unfallchirurgie,
Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie,

Universitätsklinikum Ulm

(Direktor: Prof. Dr. F. Gebhard)

Notfallmaßnahmen bei Beckenfrakturen

Analyse der Versorgungsstruktur am Universitätsklinikum Ulm
anhand der vorläufigen Daten der Multizenter-Studie der DGU/AO-
Arbeitsgruppe Becken III

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von

Stefanie Schilf

aus Sonthofen

2007

Amtierender Dekan: Prof. Dr. med. Klaus-Michael Debatin

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Markus Arand

2. Berichterstatter: PD Dr. med. Rainer Meierhenrich

Tag der Promotion 18.12.2008

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Epidemiologie der Beckenfraktur	1
1.2	Anatomie des Beckens	2
1.3	Klassifikation von Becken- und Acetabulumfrakturen	6
1.4	Diagnostik von Becken- und Acetabulumfrakturen	7
1.5	Allgemeine Therapierichtlinien	11
1.5.1	Notfallmaßnahmen	12
1.5.2	Sekundäre operative Therapie	13
1.6	Fragestellung	14
2	Material und Methoden	16
2.1	Studiendesign und Einschlusskriterien	16
2.2	Datenerhebung	16
2.3	Dokumentationsbogen der DGU/AO MZ-Studie Becken III	17
2.3.1	Patientendaten und -verschlüsselung	17
2.3.2	Aufnahmeart	17
2.3.3	Traumaart und Komplexverletzung	17
2.3.4	Polytraumascores ISS und PTS	19
2.3.5	Frakturtypen	20
2.3.6	Frakturklassifikationen	20
2.3.7	Notfallmaßnahmen	25
2.3.8	Mortalität	27
3	Statistik	29
4	Ergebnisse	30
4.1	Zeiträume und beteiligte Kliniken	30
4.2	Alters- und Geschlechtsverteilung	31
4.3	Aufnahmeart	31
4.4	Traumaarten und komplexe Beckenverletzungen	32
4.5	Polytraumascores ISS und PTS	35
4.6	Verletzungsmuster	37

4.7	Frakturklassifikationen	38
4.8	Primäre nicht-stabilisierende Notfallmaßnahmen	40
4.9	Stabilisierende Notfallmaßnahmen	42
4.10	Mortalität	44
5	Diskussion	51
5.1	Stellenwert der stabilisierenden Notfallmaßnahmen	52
5.1.1	Beckenzwinge	52
5.1.2	Fixateur externe	55
5.1.3	Beckengürtel und Beckentuch	59
5.2	Stellenwert der nicht-stabilisierenden Notfallmaßnahmen	61
5.2.1	Angiographie und Notfallembolisation	61
5.2.2	Beckentamponade („Packing“)	63
5.2.3	Antischock-Hose (MAST)	64
5.3	Bedeutung vorliegender Begleitverletzungen für die Notfalltherapie	65
5.3.1	Nervenverletzungen	65
5.3.2	Verletzungen der ableitenden Harnwege	66
5.3.3	Gefäßverletzung und hämorrhagischer Schock	68
5.3.4	Intraabdominelle Begleitverletzungen	69
5.3.5	Weichteil- und Décollementverletzungen	69
5.4	Schlussfolgerung	71
6	Zusammenfassung	72
7	Literaturverzeichnis	74
	Danksagung	91
	Lebenslauf	92

Abkürzungsverzeichnis

<i>AO</i>	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
<i>ATLS</i>	Advanced-Trauma-Life-Support“-Protokoll
<i>CT</i>	Computertomographie
<i>DGU</i>	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
<i>ISG</i>	Iliosakralgelenk
<i>ISS</i>	Injury Severity Score
<i>Lig.</i>	Ligamentum (Pl. Ligg.)
<i>M.</i>	Musculus (Pl. Mm.)
<i>MAST</i>	Antischock-Hose (<i>engl.</i> , medical antishock trouser)
<i>MZ-Studie</i>	Multizenter-Studie
<i>MOV</i>	Multiorganversagen
<i>N.</i>	Nervus (Pl. Nn.)
<i>PTS</i>	Polytraumaschlüssel

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie der Beckenfraktur

Bei den Beckenfrakturen handelt es sich um seltene Verletzungen mit einer Häufigkeit von 20 bis 37/100.000 Einwohnern pro Jahr. Betrachtet man alle Frakturen insgesamt, so liegt die Inzidenz zwischen 3% und 6% [163]. Dieser relativ niedrigen Inzidenz steht dagegen eine hohe Mortalität von 10% bis 20% gegenüber, für komplexe Beckenverletzungen sogar von über 30% [48,117]. Epidemiologisch lassen sich bei der Altersverteilung zwei Gipfel ableiten. Der erste Peak betrifft die 20- bis 30-Jährigen, die durch Verkehrsunfälle oder Stürzen aus großer Höhe polytraumatisiert verunfallen [145]. Von dieser Gruppe weisen 60% zusätzliche Verletzungen anderer Körperregionen auf. Der zweite Gipfel zeigt sich vorzugsweise bei Frauen um das 7. Lebensjahrzehnt, bei denen der Unfallmechanismus, bedingt meist durch häusliche Stürze, zu Frakturen des Scham- und Sitzbeins führt [117,152].

In nahezu allen Studien ist der Hauptanteil der Beckenfrakturen mit einem durchschnittlichen Anteil von 65% durch Verkehrsunfälle bedingt (Autounfälle 49%, Motorradunfälle 12%, Fußgänger 15%). Der einfache Sturz als Unfallursache ist mit im Mittel 16% seltener, daneben beträgt die Häufigkeit der Unfallursachen bei Stürzen aus großer Höhe 14%, bei Arbeitsunfällen 9% und Suizidversuchen 4%. Die Gesamtsumme beträgt durch Mehrfachnennungen hierbei über 100% [145].

Das Acetabulum ist anatomisch ein Teil des Beckenrings, jedoch ergibt sich aufgrund der im Vergleich zum Beckenring unterschiedlichen morphologischen Beanspruchung ein dahingehend differenziertes Behandlungskonzept und ist für die Notfallversorgung in der Regel von untergeordneter Bedeutung. Epidemiologisch ist die Acetabulumfraktur als anatomischer Bestandteil des Beckens ebenfalls häufig durch schwere Unfallverletzungen betroffen [48,117]. In der Multizenter-Studie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und der Arbeitsgruppe Becken I der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) wurden als Unfallursachen in 69,1% der Fälle Verkehrsunfälle, in 15,1% einfache Stürze und in 11% Stürze aus großer Höhe beschrieben [152].

Acetabulumfrakturen entstehen aufgrund der guten Weichteilüberdeckung der Hüftgelenkpfanne überwiegend indirekt über Kraftübertragung durch das Femur, wobei der Hüftkopf hierbei in die Pfanne eingestaucht wird. Der Frakturtyp hängt somit von der Position des Hüftkopfes im Moment der Krafteinwirkung im Acetabulum ab [117].[83] In aufrecht sitzender Position im Fahrzeug führt beim Frontalaufprall der Anschlag der Knie an die Armatur zur Kraftübertragung vom Knie über den Oberschenkel und den Hüftkopf auf das Acetabulum; dieser häufige Verletzungsmechanismus wird „Dashboard-Injury“ genannt [126].

Korrespondierend findet man Acetabulumfrakturen der hinteren Wand, häufig auch begleitet mit Luxationen des Hüftkopfs. Bei direkter Kraftübertragung auf den Trochanter major im Rahmen eines Sturzes auf die Seite kann es bei Außenrotation des Oberschenkels zu Frakturen des vorderen Acetabulums kommen, bei zentraler Krafteinleitung treten Querfrakturen mit ggf. zentraler Luxation des Hüftkopfs auf [49]. Entgegen den schweren kreislaufrelevanten Komplikationen der Beckenfraktur sind diese bei Acetabulumfrakturen seltener anzutreffen [126].

1.2 Anatomie des Beckens

Das Becken dient als Verbindung der Wirbelsäule und der unteren Extremität. Es dient sowohl der Kraftübertragung des Körpergewichtes vom Rumpf auf die Beine, der Insertion von Muskeln, Sehnen und Bändern, als auch dem Schutz von Organen, Nerven und Gefäßen. Im Laufe der Evolution wurde das Becken an die oben genannten Aufgaben angepasst, woraus anatomisch ein in sich stabiler knöcherner Beckenring resultierte, dessen Bestandteile durch straffe Gelenke und Bänder miteinander verbunden sind. Zudem sind der umgebende Weichteilmantel, insbesondere die Muskulatur und die aus ihrer Funktion resultierenden, am Beckenring ansetzenden Hebelarme, ein wichtiger Faktor für die Formgebung des Beckenringes.

1.2.1 Knöcherne Bestandteile

Das ossäre Becken besteht aus den paarigen Beckenhälften und dem Os sacrum. Die paarigen Beckenhälften entstehen entwicklungsgeschichtlich aus jeweils drei

Anteilen, dem Os ilium, dem Os ischii und dem Os pubis, die beim Erwachsenen knöchern fest miteinander verbunden sind. An der lateralen Seite des Hüftbeines befindet sich das Acetabulum genau am Treffpunkt von Os ilium, Os ischii und Os pubis. Im Acetabulum findet die Artikulation des Femurkopfes statt, worüber die ossäre Kraftübertragung zwischen Becken und Oberschenkel erfolgt. Ein funktionell äußerst wichtiger Bestandteil des Beckenringes sind die Bandstrukturen, ohne die der Beckenring regelrecht auseinander fallen würde und keine seiner Funktionen wahrnehmen könnte.

1.2.2 Ligamentäre Strukturen und Gelenke

Die beiden Schambeine werden ventral durch die Symphysis pubica verbunden. Dorsal verbinden die sakroiliakalen Gelenke in Form von Amphiarthrosen das Os sacrum mit den Darmbeinen.

Die Symphyse besteht aus den mit hyalinem Knorpel überzogenen Gelenkflächen der Schambeine, zwischen denen sich der aus Faserknorpel bestehende Discus interpubicus befindet. Auf der Oberseite wird die Symphyse durch das Ligamentum pubicum superius stabilisiert, das fest mit dem Discus verwachsen ist. Auf der Vorderseite wird die Symphyse durch mehrere stabilisierende Faserzüge, die auf der Unterseite durch das Ligamentum arcuatum pubis verstärkt.

Abb. 1175 Knochenverbindungen des Beckens, *Juncturae cinguli pelvici*, und des lumbosakralen Übergangs, *Articulatio lumbosacralis*, bei der Frau; von vorne oben.

Auf die Symphyse wirken im Stehen und Gehen abwechselnd Zug- und Schubkräfte. Diese sowie durch einseitige Belastung des Beckens entstehende Scherkräfte werden durch die Symphyse kompensiert. Die geringe Beweglichkeit der sakroiliakalen Amphiarthrose beruht auf der Verzahnung der korrespondierenden Gelenkflächen sowie den extra- und intraartikulär verlaufenden Bändern. Diese, die Gelenkkapsel ergänzenden, äußerst kräftigen Bänder bestehen aus den *Ligg. sacroiliaca interossea* und den *Ligg. sacroiliaca dorsalia*. Sie sind für die Übertragung des Körpergewichtes von der Wirbelsäule über den Beckenring auf die Beine von

entscheidender Bedeutung. Außerdem wird das Os sacrum durch das Lig. sacrospinale mit dem Os ilium und durch das ebenso wichtige Lig. sacrotuberale mit dem Os ischii der entsprechenden Beckenhälfte verbunden [133].

1.2.3 Neurale Strukturen

Das Rückenmark reicht beim Erwachsenen bis auf Höhe des zweiten Lendenwirbelkörpers, dort schließt es mit dem Conus medullaris ab. Im Anschluss an den Conus bilden die nach distal ziehenden Nervenfasern die Cauda equina, die bis S2/S3 reicht und vom Duralsack umhüllt ist. Weiter kaudal ziehen durch den terminalen Wirbelkanal die in Fettgewebe eingebetteten Teile des Plexus sacralis und coccygeus, Fila terminalia und Venen. Die neuronalen Strukturen verlassen über die Foramina sacralia ventralia et dorsalia den Wirbelkanal. Ein Teil der Rami dorsales versorgen als Nervi clunium superiores (L1 bis L3) und Nervi clunium medii (S1 bis S3) die Haut der Hüfte und des Gesäßes. Insgesamt setzt sich der Plexus lumbosacralis aus dem Plexus lumbalis (TH12 bis L4), dem Plexus sacralis (L4 bis S3), dem Plexus pudendus (S3 bis S5) und dem Plexus coccygeus (S5 bis Co1) zusammen. Aus dem Plexus lumbalis gehen direkt Äste zum Musculus quadratus lumborum, psoas major und minor ab, darüber hinaus bilden sich aus ihm die Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis, genitofemoralis, cutaneus femoris lateralis, femoralis und der Nervus obturatorius. Der Plexus sacralis gibt direkt Fasern an die Musculi piriformis, obturatorius internus, gemelli und quadratus femoris ab. Aus ihm bilden sich weiterhin die Nervi gluteus superior et inferior, Nervus cutaneus femoris inferior und der Nervus ischiadicus. Der Plexus pudendus gibt Fasern im kleinen Becken (Nervi rectales medii, vesicales inferiores, vaginales, musculus levatoris und musculus coccygei) ab, zusätzlich bildet er den Nervus pudendus. Der Plexus coccygeus versorgt den Musculus coccygeus und den Musculus levator ani.

Bei Beckenfrakturen und insbesondere Sakrumfrakturen kann es zu schweren Schädigungen in jedem Anteil des Plexus lumbosacralis kommen. Bei Verletzungen der Wurzeln L4 bis S1 resultiert dies in Lähmungen von Muskeln der unteren Extremität. Daneben können besonders Sphinkterstörungen von Harnblase und Rektum, sowie sensible Ausfälle im Genital- und Analbereich auftreten. Aufgrund

der Schwere der Gesamtverletzung werden diese Störungen bei häufig initial intubierten und mit Urinkatheter versorgten Patienten oft primär nicht erkannt. Eine differenzierte neurologische Untersuchung ist deshalb bei allen instabilen Beckenverletzungen so früh wie möglich indiziert.

Die Aorta abdominalis teilt sich vor dem vierten Lendenwirbelkörper in die Arteriae iliacae communes und setzt sich selbst als Arteria sacralis mediana fort. Die Arteria iliaca communis verzweigt sich jeweils vor der Articulatio sacroiliaca in die Arteria iliaca interna zur Versorgung des Beckengürtels und in die Arteria iliaca externa, die die Versorgung der unteren Extremität (Arteria femoralis) gewährleistet. Analog dazu gestaltet sich der venöse Gefäßverlauf. Die Arteria iliaca interna mit Aufzweigung im kleinen Becken bildet sowohl viszerale als auch parietale Äste (Arteriae iliolumbalis, obturatoria, sacralis lateralis, glutealis superior et inferior). Mit der Vena iliaca interna liegt sie neben dem Truncus lumbosacralis an der sakralen Kante der Linea terminalis und ist bei knöchernen Verletzungen ebenso gefährdet. Im Hüftbereich bestehen Anastomosen der Arteria iliaca interna untereinander: Arteria iliolumbalis (hinter dem Musculus psoas zum Os ilium ziehend), Arteria glutealis superior et inferior (zum Foramen suprapiriforme et infrapiriforme) und Arteria obturatoria (durch den Canalis obturatorius).

1.2.4 Muskuläre Strukturen

Entsprechend ihrer Funktion und Lokalisation lassen sich am Becken fünf Muskelgruppen unterscheiden:

1. Gesäßmuskeln ziehen sich fächerförmig aufspreizend vom Sakrum und der Darmbeinschaukel zum proximalen, lateralen Femurschaft. Der am oberflächlichsten liegende Musculus gluteus maximus wirkt hauptsächlich als starker Extensor am Hüftgelenk, die darunter angeordneten Musculi gluteus minimus et medius gehören zur Gruppe der Abduktoren.

2. Außenrotatoren verlaufen unterhalb der Schicht der Gesäßmuskulatur vom Os sacrum und Hüftbein entspringend und inserieren alle am Trochanter major oder der Fossa trochanterica. Es sind dies von kranial nach kaudal: Musculus pirifor-

mis, gemellus superior, obturatorius externus et internus, gemellus inferior und der Musculus quadratus femoris.

3. Die Adduktoren mit ihren Ursprüngen umkreisen das Foramen obturatum und setzen dorsal, entlang der Linea aspera, am Femur an. Hierbei ordnen sie sich in drei Schichten an. Von der oberflächlichen bis zur tiefen Schicht gliedern sie sich in folgende Muskeln auf: Musculus pectineus, adductor longus, gracilis (ist an der Bildung des pes anserinus beteiligt), adductor brevis und magnus.

4. Ventrale Muskeln: Zur Gruppe der Extensoren zählen vier Muskeln. Der zwei-bauchige Musculus ilio-psoas entspringt einerseits an der Lendenwirbelsäule und andererseits von der Fossa iliaca, gemeinsam setzen sie kurzsehnig am Trochanter minor an. Der Musculus tensor fasciae latae entspringt von der Spina iliaca superior und setzt mittel des Tractus iliotibialis an der Tibia an. Der ebenfalls von der Spina iliaca anterior inferior und vom oberen Rand des Acetabulums, die drei kleinen Köpfe (M.vastus medialis et lateralis, M. intermedius) entspringen von der Linea intertrochanterica und dem Trochanter major. Die gemeinsame Endsehne überzieht als Ligamentum patellae die Kniescheibe, um anschließend an der Tuberositas tibiae zu inserieren.

5. Die ischiokrurale Muskulatur ist eine aus drei Muskeln bestehende Gruppe der Flexoren, die anfangs gemeinsam vom Tuber ischiadicum ziehen, um sich im Verlauf in einen medialen (M.semitendinosus und M. semimembraosus) und einen lateralen Anteil (M. biceps femoris) aufzuteilen. Die medialen Anteile setzen an der Tibia und der laterale Teil an der Fibula an.

1.3 Klassifikation von Becken- und Acetabulumfrakturen

Nach der Durchführung der bildgebenden Diagnostik erfolgt die morphologisch basierte Klassifizierung der Verletzungen des knöchernen Beckens und des Acetabulums. Die möglichst genaue Klassifikation bildet die Grundlage für eine prioritätenorientierte Therapie und sollte auch bei einem vital bedrohten Patienten sobald als nur möglich vorgenommen werden [28].

Für die Einteilung der Beckenfrakturen hat sich das ABC-Schema nach Müller, das sowohl von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen und der ASIF übernommen wurde, durchgesetzt. Das ABC-Schema verknüpft die von Pennal [106] eingeführte Einteilung der Beckenfrakturen nach dem Unfallmechanismus mit der Klassifikation von Tile [149], der den Mechanismus dem Instabilitätsgrad der Beckenfraktur unterordnete.

Die klinisch heute am weitest verbreitete und auch in der vorliegenden Arbeit verwendete AO-Klassifikation ist im Kap. 2.3.6 ausführlich näher erläutert und beschrieben.

Im täglichen Gebrauch kann vereinfacht zwischen stabilen und instabilen Frakturen unterschieden werden, wenn zusätzlich die Instabilitätsrichtung angegeben wird. Im vorderen Beckenring können transsymphysäre und transpubische Instabilitäten vorliegen und im hinteren Beckenring treten transiliakale, transiliosakrale oder transacetabuläre Instabilitäten auf.

Für die Acetabulumfraktur wurde bis in die 70er Jahre hinein lediglich zwischen posterioren und zentralen Hüftluxationsfrakturen unterschieden. Diese einfache Unterteilung reflektiert jedoch die resultierenden therapeutischen Möglichkeiten der damaligen Zeit, die im Wesentlichen in der geschlossenen Reposition und anschließender Extensionsbehandlung bestanden. Erst die auf morphologischen und der gezielten operativen Therapie basierte Klassifikation nach Letournel führte zu einer Klassifikation, die bis heute trotz der Komplexität eine anwendbare und gebräuchliche Einteilung darstellt und daher die am weitest verbreitete Klassifikation für Acetabulumfrakturen ist [74,83]. Die Letournel-Klassifikation der Acetabulumfraktur ist ausführlich in Kap. 2.3.6 beschrieben.

1.4 Diagnostik von Becken- und Acetabulumfrakturen

Die Diagnostik von Beckenfrakturen umfasst eine Basisdiagnostik und eine erweiterte Diagnostik zur genaueren Einteilung des Frakturtyps. Entscheidend für die Anzahl der primär durchzuführenden diagnostischen Maßnahmen ist neben der

Verfügbarkeit der physische Zustand des Patienten zum Zeitpunkt des Eintreffens in der Klinik.

Neben der Anamneseerhebung zum Unfallhergang beinhaltet die klinische Untersuchung den wesentlichen Bestandteil der Basisdiagnostik im Schockraum [28]. Diese beinhaltet eine gründliche äußere und innere Inspektion der Beckenregion nach Blutungsquellen, Hämatomen, Prellmarken und etwaigen Beinlängendifferenzen. Im Anschluss an die Inspektion erfolgen die manuelle Untersuchung des Beckens mit Durchführung einer ventro-dorsalen und lateralen Kompression, sowie eine vaginale und rektale Untersuchung. Die klinische Untersuchung allein stellt einen wichtigen Baustein in der Basisdiagnostik dar; so kann das Vorliegen einer Beckenfraktur nach Pehle et al. [105] mit einer Sensitivität von 44% und einer Spezifität von 99% identifiziert werden. Zudem sollte beim wachen und orientierten Patienten eine grobe neurologische Untersuchung erfolgen, um einen ersten Eindruck über evtl. neurologische Ausfallserscheinungen vor allem im Versorgungsgebiet des Plexus lumbosacralis zu gewinnen [28].

Der erste Schritt in der bildgebenden Diagnostik besteht in der Anfertigung von konventionellen Röntgenaufnahmen. Die Röntgendiagnostik besteht primär in einer singulären a.p.-Aufnahme, die dann ggf. um Inlet-/Outlet- oder Schrägaufnahmen nach Judet ergänzt werden [137]. Mit der Inlet-Aufnahme (ca. 45° Grad kranio-kaudal eingekippte Röhre) kommt der Beckeneingang plan zur Abbildungsebene. Hiermit lassen sich durch die direkte Aufsicht auf die Linea terminalis insbesondere ventro-dorsale Verschiebungen des Beckenringes erfassen. Die Outlet-Aufnahme (ca. 45° kaudo-kranial eingekippte Röhre) erlaubt die Beurteilung von kranio-kaudalen Verschiebungen des Beckenringes. Auch sakrale Verletzungen werden insbesondere in dieser Ebene erkannt, da somit das Sakrum plan zur Abbildungsebene gelangt. Für die erste Beurteilung der Stabilität und zur Festlegung einer Arbeitsdiagnose reicht nach Culemann et al. [28] eine Kombination der drei Aufnahmen aus. Allein die Becken-a.p.-Aufnahme erlaubt die korrekte Klassifikation von Beckenfrakturen mit einer Genauigkeit zwischen 88% und 94% [35,167]. Die Röntgenaufnahme nach Judet ergibt darüber hinaus keine weiteren relevanten diagnostischen Erkenntnisse [107].

Auch zur Diagnostik der Acetabulumfraktur wird primär die a.p.-Aufnahme herangezogen (Abb. 1), die bei Verdacht auf Vorliegen einer Verletzung der Hüftpfanne um die sog. Ala- und Obturatoraufnahmen (Abb. 2) ergänzt werden können.

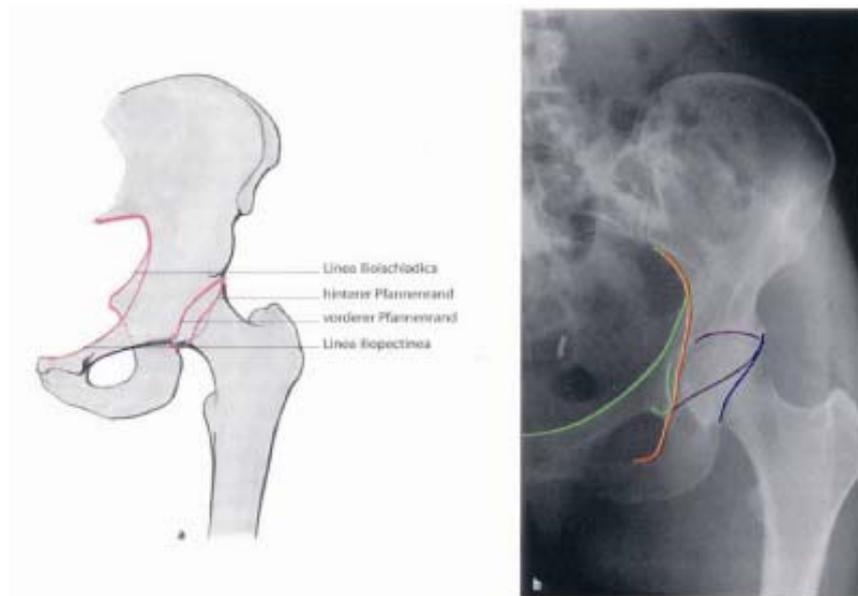


Abb.1. Röntgenaufnahme des Acetabulums in a.p.-Richtung (aus [152])

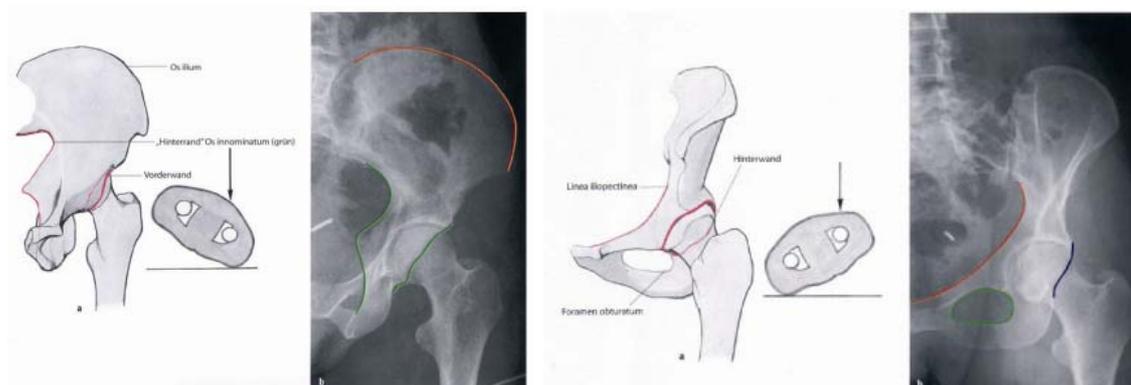


Abb.2. Ala- (links) und Obturator-Aufnahme (rechts) des Acetabulums (aus [152])

Bei der Obturator-Aufnahme wird die betroffene Seite des Patienten um 45° in Längsachse angehoben. Damit kommt das Foramen obturatum plan zur Darstellung. Hierdurch können insbesondere der hintere Pfeiler und das Foramen obturatum gut beurteilt werden. Bei der Ala-Aufnahme wird die kontralaterale Seite des

Patienten um 45° in Längsachse angehoben, wodurch die Ala des Os ilium plan zur Abbildung kommt. Somit ist neben der Ala des os ilium insbesondere der vordere Pfeiler des Acetabulums gut beurteilbar.

Die Schnittbilddiagnostik mit Hilfe der Computertomographie (CT) war aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit und längerer Untersuchungszeiten noch bis vor kurzem als Mittel der weiterführenden Diagnostik etwa zur Planung des operativen Vorgehens deklariert. Innerhalb der letzten Jahre haben jedoch einerseits technische Neuerungen in Aufnahmetechnik und Software, andererseits eine breitere Verfügbarkeit bereits im Schockraum zu einem Wandel der Primärdiagnostik geführt. Somit ist heute in der größeren Traumazentren die CT-Untersuchung die Diagnostik der 1. Wahl beim Polytraumatisierten Patienten auch unter Zeitdruck geworden [28,149]. Insbesondere auch die Information zum Vorliegen etwaiger Begleitverletzung und die Möglichkeit der kontrastmittelgestützten Gefäßdarstellung sind vor dem Hintergrund der Gefährdung der Patienten durch Instabilität und Verblutung von großem Vorteil.

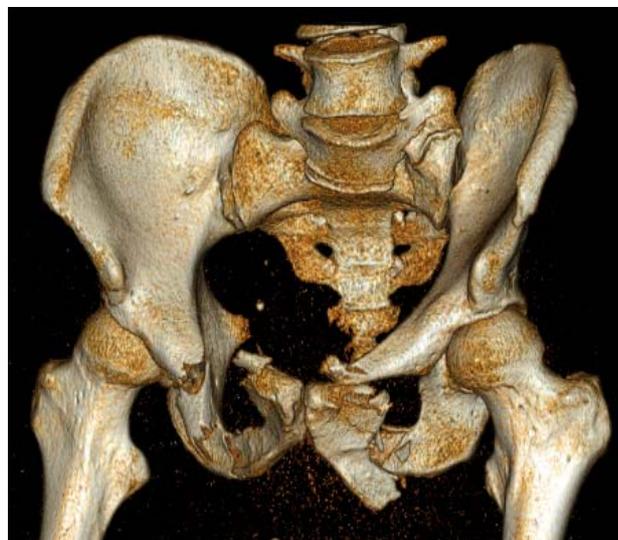


Abb. 3. Computertomographie mit 3D-Rekonstruktion einer instabilen Beckenfraktur

Die Computertomographie erlaubt zudem die nachträgliche dreidimensionale Rekonstruktion der Beckenstrukturen (Abb. 3), die eine eindeutige Beurteilung des dorsalen Beckenrings und des Auffindens und Identifizierens von evtl. vorhande-

nen Knochenfragmenten erlauben [28]. Es liegen eine Reihe von Studien vor, die den Schluss nahe legen, dass eine 3D-Rekonstruktion -und insbesondere die multiplanare Rekonstruktion- einen deutlichen Informationsgewinn verschaffen, die Vorstellung über das Verletzungsausmaß erleichtern und für die Repositions-und Osteosyntheseplanung von enormer Hilfe sind [41].

Die Darstellung der größeren Gefäßstrukturen ist bei zeitgleicher Betrachtung von Knochen und Gefäßverlauf ggf. sogar in einem Bild möglich [41]. Bei nachgewiesener arterieller Blutung und vorhandener Infrastruktur kann in der Hand des geübten Untersuchers eine CT-gestützte Angiographie mit interventioneller Gefäßverödung (Embolisation) des blutenden Gefäßes ohne großen Zeitverlust erfolgen.

Die sonographische Untersuchung hat ihren festen Platz in der Basisdiagnostik, da sie ohne relevanten Zeitverlust eine Beurteilung von intrapelvinen und intraabdominellen Verletzungen durch Flüssigkeitsansammlungen im Abdomen erlaubt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass eine Beckenringfraktur mit dorsaler Instabilität häufig mit einem retroperitonealen Hämatom einhergeht, so dass die entstehenden Transsudate nicht zur Fehlinterpretation als „freie Flüssigkeit“ verleiten sollten. Zeitgleich wird ein transurethraler Blasenkatheter zur Harnableitung und Bilanzierung gelegt. Bei Förderung von Blut bzw. misslungenem Vorgehen besteht der dringende Verdacht auf eine Blasenverletzung oder eine Verletzung der weiteren ableitenden Harnwege und erfordert zwingend eine weitere urologische Abklärung, in der Regel zunächst über eine retrograde Urethrographie [154,168].

1.5 Allgemeine Therapierichtlinien

Die Behandlung instabiler Beckenringverletzungen ist Teil des Polytraumamanagements. Ein weit verbreitetes System ist das „Advanced-Trauma-Life-Support“-Protokoll (ATLS), das vom American College of Surgeons entwickelt wurde [56,155]. Dieses gibt die strukturelle Diagnostik und Behandlung des polytraumatisierten Patienten in einer Hierarchie vor, die damit die Priorität des chirurgischen Handelns festlegt. Hierbei haben lebensrettende Eingriffe höchste Priorität, selbst vor der Rettung der Gliedmaßen. Nach den „AO-Prinzipien des Frakturmanagements“ zählt neben der Versorgung von Oberschenkelchaftfrakturen

hierbei die Tamponade des Retroperitonealraumes oder die notfallmäßige Stabilisierung der Beckenfraktur z.B. über einen Fixateur externe bei instabilen Beckenfrakturen zu den lebensrettenden Eingriffen [165]. Im Rahmen der Sekundärphase wird dann die definitive, möglichst anatomische Rekonstruktion des Beckenringes durchgeführt.

1.5.1 Notfallmaßnahmen

Patienten mit instabiler Beckenfraktur und einem Hämoglobinwert von $< 8\text{g/dl}$ haben nach Pohlemann et al. [112] bei Aufnahme im Schockraum eine Letalität von 55%. Daher muss unverzüglich mit einer aggressiven Volumentherapie und einer sofortigen operativen Maßnahme begonnen werden, um beckenbedingte Blutungen zu stoppen und wieder stabile Kreislaufverhältnisse herzustellen. Hierzu sind die Reposition des hinteren Beckenrings und eine zusätzliche Kompression der Blutungen aus den überwiegend venösen Gefäßen erforderlich [46]. An operativen Maßnahmen stehen in der Akut-Phase nur externe Stabilisierungsverfahren wie die Anlage eines ventralen Fixateurs externe (Abb. 4.a) oder eine Beckenzwinge zur Verfügung [37,44,112]. Daneben gibt es auch über den Beckengurt (Abb. 4.b) die Möglichkeit der externen Kompression über die Zugwirkung und Kompression des Gürtels [99,156].



Abb. 4.a. Beispiel einer Fixateur externe-Versorgung eines polytraumatisierten Patienten mit Beckenfraktur Typ C.



Abb. 4.b. Notfallmäßige Anlage des Beckengurtes bei instabiler Beckenfraktur im Rahmen eines Polytraumas.

Die hier genannten Maßnahmen werden in Kapitel 5.1 ausführlich besprochen und sollen daher an dieser Stelle nur genannt werden. Führen keine dieser Maßnahmen zu einer Verbesserung der Kreislaufsituation des Patienten, sollte zum Zwecke der chirurgischen Blutstillung eine pelvine Tamponade durchgeführt werden [37,38]. Ist durch die frühzeitige Stabilisierung des Beckens eine Verbesserung der hämodynamischen Situation erreicht, kann das Polytraumamanagement-Protokoll fortgesetzt werden [155]. Besteht jedoch weiterhin eine hämodynamisch instabile Situation und ist eine andere Ursache als das Becken als Blutungsquelle ausgeschlossen, besteht die Indikation zur Laparotomie und Eröffnung des Retroperitoneums zur Blutstillung bzw. Tamponade [121]. Interne Stabilisierungen des Beckenringes sind zeitaufwendig und bedingen technisch anspruchsvolle Operationen. Gerade beim Polytraumatisierten muss die Operationszeit so gering wie möglich gehalten werden, da Mortalität, Sepsis und Organversagen mit der Operationszeit korrelieren [121]. Des Weiteren bedürfen sie stabiler Kreislaufverhältnisse des traumatisierten Patienten, die in der Akut-Phase nur sehr selten gegeben sind.

1.5.2 Sekundäre operative Therapie

Nach Stabilisierung des Allgemeinzustandes des Verletzten erfolgt die anatomische Rekonstruktion des Beckens meist als frühsekundäre Maßnahme, in der Re-

gel jedoch nicht vor dem 5. postoperativen Tag. Je nach Lokalisation und Ausmaß der Instabilität wird das geeignete Osteosyntheseverfahren gewählt. Zur Wahl stehen [145]:

- Plattenosteosynthesen des vorderen Beckenringes vorrangig bei Symphyse rupturen
- Ventrale Plattenosteosynthesen der SI-Fuge sind bei SI Sprengungen und transiliacalen Luxationsfrakturen indiziert
- Perkutane Verschraubungen der SI-Fuge werden bei reponierten SI Sprengungen durchgeführt. Bei nicht oder nur wenig dislozierten Sakrumfrakturen werden sie als Stellschrauben eingebracht. Additiv werden sie zur Sicherung anderer Stabilisierungsverfahren wie der Distractionsspondylodese nach erfolgter offener Reposition eingesetzt.
- Die Distractionsspondylodese ist indiziert bei hochgradig instabilen Sakrumtrümmerfrakturen, bei denen zunächst die offene Reposition und Enttrümmerung erfolgt und für andere Implantate die Verankerungsmöglichkeiten im Os sacrum nicht ausreichen.

Alle genannten Versorgungen werden individuell an die erlittene Verletzung angepasst und können miteinander kombiniert werden. Durch die Möglichkeit der Navigation treten minimal-invasive Operationstechniken mehr und mehr in den Vordergrund.

1.6 Fragestellung

In Deutschland behandeln selbst größere Zentren pro Jahr eine gegenüber anderen Frakturen relativ geringe Anzahl an Beckenfrakturen. Um jedoch Aussagen über die Häufigkeiten und damit auch schließlich die Prognose der in sich komplex unterteilten Entität der Beckenfrakturen zu erhalten, wurde durch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) und die Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) die Arbeitsgruppe „Becken“ gegründet. Die initiierte Multizenter-Studie der 1. Generation (Becken I) dieser Arbeitsgruppe ist somit eine Studie mit größten Fallzahlen, bei der die Behandlung von 3.260 Patienten mit Beckenring- und Acetabulum-Verletzungen von 1991 bis 1993 dokumentiert wurde [48].

Die vorliegende Arbeit stützt sich auf die Daten der Multizenter-Studie der Arbeitsgruppe „Becken“ der 3. Generation (Becken III).

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Analyse der notfallmäßigen Erstversorgung der Beckenfraktur. Um die empirisch gewonnenen Daten in die nationale Versorgungsstruktur von Beckenfrakturen einzuordnen, wurde eine vergleichende Auswertung der Patientenversorgung am Universitätsklinikum Ulm und den übrigen teilnehmenden Kliniken der Multizenter-Studie durchgeführt.

Folgende Fragen sollen in der vorliegenden Arbeit bearbeitet werden:

1. Welche epidemiologischen Daten existieren nach Erhebung der 3. Generation der Arbeitsgruppe „Becken“ der AO/DGU, und wie lassen sich Patienten am Universitätsklinikum Ulm in diese einordnen?
2. Wie ist der aktuelle Behandlungsstand in der allgemeinen Notfallversorgung (Embolisation, Laparatomie) bei den teilnehmenden Kliniken der Multizenter-Studie? Wie ist die Behandlung hierzu am Universitätsklinikum Ulm einzuordnen? Können Hinweise auf den Behandlungserfolg abgeleitet werden?
3. Welche Maßnahmen in der primären notfallmäßigen Beckenstabilisation finden im Rahmen der Multizenter-Studie Anwendung, und gibt es hierbei Unterschiede in der Versorgung am Universitätsklinikum Ulm? Können auch hier Behandlungserfolge durch die Notfalltherapiemaßnahmen abgeleitet werden?
4. Können aus den Daten der Multizenter-Studie prognostische Faktoren für die Letalität nach Beckenfrakturen gewonnen werden?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Einschlusskriterien

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen der Multizenter-Studie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und der Arbeitsgruppe Becken III der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO). Da die Daten zwar kontinuierlich, jedoch nach Abschluss des stationären Aufenthaltes eingetragen wurden, handelt es sich somit um eine retrospektive Studie.

Das Universitätsklinikum Ulm beteiligte sich mit der Datenerfassung der DGU/AO MZ-Studie Becken III ab 2005, wobei der Datensatz bis dato für 2006 abgeschlossen ist. Daher fanden alle dokumentierten Patienten der Jahre von Beginn der Datenerfassung an bis einschließlich 2006 Berücksichtigung.

Es wurden von den beteiligten Kliniken nach Möglichkeit alle Patienten erfasst, die mit einer Beckenfraktur, Acetabulumfraktur oder Sakrumfraktur stationär behandelt wurden. Damit gehen die ausschließlich ambulant geführten Patienten nicht in die Analyse mit ein.

2.2 Datenerhebung

Die eingetragenen Qualitätsmerkmale wurden durch den Datenerhebungsbogen der DGU/AO MZ-Studie Becken III vorgegeben. Die Eingaben erfolgten anhand eines strukturierten Eingabemodus in die Online-Datenbank von Memdoc (Basel, Schweiz) (www.memdoc.com). Der Datenerhebung erfolgte eine interne Plausibilitäts- und Vollständigkeitskontrolle, so dass nur regelrecht eingetragene Fälle mit vollständiger Dokumentation abgeschlossen werden konnten und somit in den weiteren Analysen berücksichtigt wurden.

Die Datenerhebung erfolgte weitaus weit reichender als es die gezielte Fragestellung dieser Arbeit erfordert. Über die Primärversorgung hinaus wurden weitere Therapiemaßnahmen mit Therapieerfolg und darüber hinaus gehenden Modifikationen abgefragt und eingetragen. Da diese jedoch für die Fragestellung dieser Arbeit nicht relevant sind, werden im Folgenden ausschließlich die für die Auswer-

tung dieser Arbeit herangezogenen Daten aufgeführt und für die weiteren Analysen verwendet.

2.3 Dokumentationsbogen der DGU/AO MZ-Studie Becken III

2.3.1 Patientendaten und -verschlüsselung

Die Patientendaten wurden nach einem von Memdoc vorgegebenen Modus verschlüsselt. Jeder Patient erhielt eine definierte fortlaufende Nummer mit dem vorausgehenden Schlüssel der Klinik (z.B. Ulm: 30) sowie des Behandlungsjahres (z.B. 06). Durch die somit generierte Verschlüsselung (z.B. 06300001) war somit jederzeit die interne Zuordnung jedes Patienten nachvollziehbar. Die Verschlüsselung wurde beim Betreuer der vorliegenden Dissertation (Dr. Gert Krischak) mit der internen Behandlungsnummer hinterlegt, um bei gezielter Fragestellung die eindeutige Identifikation des dokumentierten Patienten zu gewährleisten.

Die übertragenen Patientendaten beschränkten sich auf das Alter und Geschlecht. Es wurden keine Namen, Initialen, exakten Geburtsdaten oder weitere persönliche Patientendaten in die Online-Erfassung eingetragen.

2.3.2 Aufnahmeart

Es wurde die Art der Aufnahme dokumentiert. Hierbei wurde unterschieden, ob es sich bei der Aufnahme um eine direkte Einweisung vom Unfallort (primäre stationäre Aufnahme) oder um eine Zuweisung einer erstbehandelnden Klinik handelte.

2.3.3 Traumaart und Komplexverletzung

Nach Abschluss der Primärdiagnostik wurde die zugrunde liegende Traumaart bestimmt. Hierbei wurde in Anlehnung an die Leitlinie „Polytrauma“ der DGU (www.dgu-online.de/de/leitlinien/polytrauma.jsp) eine Einteilung in eine von drei möglichen Traumaarten festgelegt:

1. **Isoliertes Trauma:** ausschließlich auf das Becken begrenzte Verletzung, (Becken- und/oder Acetabulumfraktur), es liegen keine weiteren relevanten Begleitverletzungen anderer Körperregionen vor.
2. **Mehrfachverletzung:** Beckenverletzung und Verletzung mindestens einer anderen Körperregion oder eines Organs, wobei keine der vorliegenden Verletzungen lebensbedrohlich ist.
3. **Polytrauma:** Beckenverletzung und darüber hinaus mindestens eine weitere Verletzung einer anderen Körperregion oder eines Organsystems, wobei wenigstens eine Verletzung oder die Kombination der Verletzungen vital bedrohlich ist. Es besteht eine Verletzungsschwere nach dem Injury Severity Score (ISS) von wenigstens 16 Punkten.

Darüber hinaus wurde klassifiziert, ob es sich bei der Beckenverletzung um eine „Komplexverletzung“ handelte. Dieser Terminus ist nicht einheitlich definiert. In der Regel versteht man im medizinischen Sprachgebrauch darunter das Vorliegen von Verletzungen mehrerer anatomischer Strukturen innerhalb einer Körperregion bzw. eines Organsystems. Auf das Becken bezogen wurde die „Komplexverletzung“ als solche Verletzung verstanden, bei der neben der radiologisch verifizierten Fraktur mindestens eine der folgenden behandlungsbedürftigen lokalen Verletzungen bestand (Def. nach [115]):

- Blasenverletzung
- Verletzung der Urethra
- Verletzung pelviner Gefäße
- retroperitoneales Hämatom
- einseitige oder beidseitige Plexusläsion
- Verletzung der Geschlechtsorgane
- Verletzung des Rektums oder des Sigma
- offene Fraktur
- schwere Verletzung der perianalen Weichteile
- andere (nicht näher beschriebene lokale Begleitverletzungen)

Nur in dem Fall, in dem das Vorliegen einer Komplexverletzung des Beckens verifiziert wurde, wurden weitere Angaben angefordert, die die Kreislaufsituation bei Einlieferung in die Klinik näher dokumentierten:

- initialer Hämoglobinwert im Serum (g%)
- initialer systolischer Blutdruckwert (mmHg)
- Anzahl der transfundierten Erythrozytenkonzentrationen innerhalb der ersten 6 Stunden nach Aufnahme, innerhalb der 7.-12. Stunde nach Aufnahme, sowie innerhalb der 13.-24. Stunde nach Aufnahme

2.3.4 Polytraumascores ISS und PTS

Es wurden parallel die beiden in der aktuellen Literatur am meisten verwendeten Scores zur Abschätzung der Polytraumaschwere ermittelt, der Injury Severity Score (ISS) und der PTS.

1. **Injury Severity Score (ISS)** (nach Baker 1987 [3,4]): Anhand der online über die Software von Memdoc übertragenen AIS-Werte (Abbreviated-Injury-Scale) wurde der ISS bestimmt. Der Grad der Verletzungsschwere wird hierbei auf einer Scala von 1 bis 6 für 6 Körperregionen (Schädel und Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten, Weichteil) bestimmt. Die Punkte der drei am schwersten betroffenen Regionen werden quadriert und zum ISS-Wert addiert. Ein AIS von 6 Punkten in irgendeiner Region bedeutet automatisch einen ISS von 75 Punkten, was dem Maximalwert entspricht.
2. **Polytraumaschlüssel (PTS)** nach Oestern et al. 1985, letzte Revision 1997 [101,102]: Die Regionen Schädel, Abdomen, Extremitäten, Thorax, Becken und das Alter werden je nach Schweregrad mittels Punktwerten klassifiziert. Nach Addition der Punkte erfolgt eine Einteilung in 4 Schweregrade: I < 19 Punkte, II 20 bis 34 Punkte, III 35 bis 48 Punkte, IV >49 Punkte.

2.3.5 Frakturtypen

Da in der Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III sowohl Becken-, Sakrum- als auch Acetabulumfrakturen dokumentiert wurden, die jedoch neben weiteren Unterscheidungsmerkmalen auch aufgrund der Relevanz einer primären Notfallversorgung als unterschiedliche Entitäten angesehen werden müssen, war die Angabe des Verletzungsmusters erforderlich. Hierbei wurde in der Datenbank die zwingende Eingabe auf die Lokalisation der Fraktur eingeholt:

- Beckenfraktur
- Sakrumfraktur
- Acetabulumfraktur

Da Mehrfachnennungen möglich waren konnte somit das Verletzungsmuster aufgeschlüsselt werden.

2.3.6 Frakturklassifikationen

Die Beckenring- und Acetabulumfrakturen wurden entsprechend der Klassifikation nach AO [97] und Letournel [83] klassifiziert. Da Sakrumfrakturen ebenfalls in der Klassifikation des Beckenrings nach Tile berücksichtigt werden, wurde in der vorliegenden Auswertung auf eine nähere Aufschlüsselung der isolierten Sakrumfrakturen verzichtet.

Das ABC-Schema verknüpft die von Pennal eingeführte Einteilung der Beckenfrakturen nach dem Unfallmechanismus mit der Klassifikation von Tile, der den Mechanismus dem Instabilitätsgrad der Beckenfraktur unterordnete.

AO-Klassifikation der Beckenringfrakturen

Die heutzutage am weitesten verbreitete Klassifikation der Beckenringfrakturen geht auf die Klassifikation von Pennal und Tile [106] zurück. Sie haben die Verletzungen des Beckenringes nach der Richtung der ursächlichen Gewalteinwirkung verstanden:

1. Antero-posteriore Kompression
2. Laterale Kompression
3. Vertical-shear Verletzung

Basierend auf dieser Unterteilung entwickelte Tile eine Klassifikation unter Berücksichtigung des zunehmenden Grades der Instabilität. Hierbei wurden unterschieden:

Typ A: stabile Verletzungen,

Typ B: Vertikal stabile und horizontal instabile Verletzungen

Typ C: Vertikal und horizontal instabile Verletzungen

Die Klassifikation von Tile wurde durch die AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) weiterentwickelt [97]. Beckenringverletzungen werden demnach nach dem zunehmenden Grad der Instabilität in Typ A, B und C eingeteilt (Abb. 5). Hierbei wird zwischen dem vorderen Beckenring (ventral des Acetabulums) und dem hinteren Beckenring (dorsal des Acetabulum) unterschieden. Bei Vorliegen mehrerer Verletzungen des Beckenringes ist die schwerste Verletzung für die Klassifikation maßgebend.

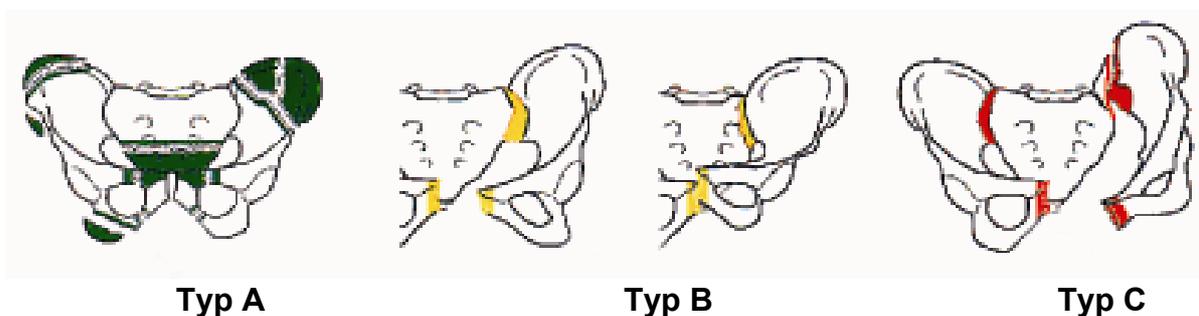


Abb. 5. Schematische Darstellung der AO-Klassifikation der Beckenringfrakturen

Typ-A-Verletzungen

Typ A-Verletzungen sind stabile Verletzungen des Beckenrings wie apophysäre Abrissfrakturen, stabile Beckenschaufelfrakturen oder vordere Beckenringfrakturen, Querfrakturen des Os sacrum oder des Os coccygis.

Typ-B-Verletzungen

Typ B-Verletzungen sind durch einen Rotationsmechanismus einer oder beider Beckenhälften gekennzeichnet. Hierbei werden eine Einwärtsrotation (laterale Kompression), Auswärtsrotation ("Open book") und Rotation um kombinierte Achsen ("bucket handle") unterschieden. Der hintere Beckenring ist bei der Typ-B-Verletzung zumindest teilweise noch intakt, so dass von einer erhaltenen dorsalen Stabilität ausgegangen wird. Die in der Regel erhaltenen dorsalen Bandstrukturen verhindern Translationsbewegungen im dorsalen Beckenring. Als Typ-B1-Verletzungen werden die sog. "Open book"-Verletzungen klassifiziert. Laterale Kompressionsverletzungen werden als Typ-B2-Verletzungen eingeteilt. Liegt im hinteren Beckenring auf beiden Seiten eine Typ-B-Verletzung vor, entspricht dies einer Typ-B3-Verletzung.

Typ-C-Verletzungen

Beckenverletzungen, bei denen eine Instabilität sowohl in der Vertikalebene als auch in Rotationsrichtung vorliegt, werden als Typ-C-Verletzung klassifiziert. Sie sind durch eine Translationsbewegung einer oder beider Beckenhälften gekennzeichnet. Besteht die Instabilität nur auf einer Seite, handelt es sich um eine Typ-C1-Verletzung. Liegt auf einer Seite des Beckenringes eine Typ-C-Verletzung und auf der Gegenseite eine Typ-B-Verletzung vor, so entspricht dies einer Typ-C2-Verletzung. Sind beide Seiten des Beckenringes in rotations- und vertikal-Richtung instabil (Typ C), so liegt eine Verletzung Typ C3 vor.

Klassifikation der Acetabulumfrakturen nach Letournel

Letournel teilte die Acetabulumfrakturen auf Basis der Anatomie und Frakturmorphologie in insgesamt 10 Typen ein [83]. Hierbei werden fünf einfache Frakturtypen, die sog. Grundformen, unterschieden. Darüber hinaus wurden fünf Kombinationstypen aus den erstgenannten klassifiziert (Abb. 6). Die Klassifikation von Letournel wird aufgrund der anatomischen Orientierung und der hohen Praktikabilität auch heute noch überwiegend im klinischen Alltag eingesetzt. Weiterentwickelte Klassifikationen, wie AO-Klassifikation, beziehen sich in ihrer Grundlage ebenfalls auf die von Letournel angegebenen Frakturtypen, erweitern aber lediglich die Unterteilungsmöglichkeiten und integrieren Zusatzverletzungen des Hüftgelenks wie

Knorpelschäden oder Hüftkopffrakturen. Sie haben sich aber bis heute aufgrund der Komplexität nicht im klinischen Alltag durchsetzen können.

Die fünf Grundformen der Acetabulumfrakturen nach Letournel



Fraktur der hinteren Wand:

Die hintere Acetabulumbegrenzung ist unterbrochen, dabei bricht ein Teil des Pfannenrands aus und disloziert in der Regel nach dorsal.



Fraktur des hinteren Pfeilers:

Die Frakturlinie verläuft häufig von der Incisura ischiadica major längs durch das Acetabulum, tritt durch die Incisura acetabuli wieder aus und durchbricht zusätzlich den Ramus ossis ischii oder eine andere randbildende Struktur des Foramen obturatum.



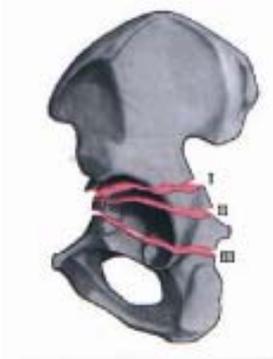
Fraktur der vorderen Wand:

Die Vorderwand des Acetabulums ist bogenförmig zwischen Spina iliaca anterior inferior und dem Pecten ossis pubis ausgebrochen.



Fraktur des vorderen Pfeilers:

Bei dieser Fraktur verläuft die Frakturlinie durch das Foramen obturatum, meist durch den Ramus ossis pubis oder durch eine andere randgebende Struktur des Foramen obturatum.



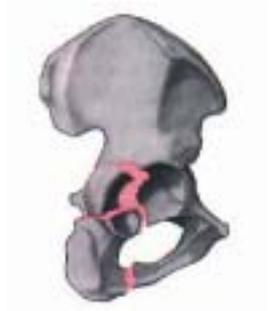
Querfrakturen des Acetabulums:

Die Frakturlinie verläuft quer durch das Acetabulum, wobei beide Pfeiler unterbrochen sind, der kraniale Anteil der Gelenkfläche verbleibt aber am Os ilium, der kaudale Anteil disloziert meist nach posterior.

Die Querfrakturen werden in zusätzliche Untergruppen je nach Höhe der Querkomponente aufgeteilt:

- *juxtatektale Fraktur (I)*, auf dem oberen Rand der Fossa acetabuli.
- *transtektale Fraktur (II)*, kranial im lasttragenden Anteildes Pfannendachs.
- *infratektale Fraktur (III)*, läuft unterhalb des lasttragenden Pfannendachs.

Die fünf kombinierten Formen der Acetabulumfrakturen nach Letournel



Fraktur des hinteren Pfeilers in Kombination mit Fraktur der hinteren Wand:

Die Fraktur verläuft wie bei der Fraktur des hinteren Pfeilers, zusätzlich bricht ein Wandfragment aus der hinteren Begrenzung des Acetabulums aus.



Querfraktur in Kombination mit Fraktur der hinteren Wand:

Neben der Querfraktur mit den unterschiedlich möglichen Verläufen bricht zusätzlich die hintere Wand des Acetabulums aus.



Fraktur des vorderen Pfeilers in Kombination mit einer hinteren Hemiquerfraktur:

Die Fraktur verläuft als Querfraktur durch die Vierkantenplatte. Im ventralen Anteil gibt es zwei Ausläufer der Fraktur, welche nach kaudal durch das Foramen obturatum sowie nach kranial bis an die Spina iliaca anterior superior verlaufen können.



T-Fraktur:

Es findet sich eine Querfraktur mit einem vertikalen Ausläufer durch die Fossa acetabuli und den Obturatorring.



Zweipfeilerfrakturen:

Diese Fraktur ist durch die komplette Lösung des Gelenkmassivs vom Ilium und damit vom Körperstamm definiert. Es entstehen sowohl hintere als auch vordere Pfeilerfragmente.

Abb. 6. Schematische Darstellung der Klassifikation nach Letournel, Abb. aus [152].

2.3.7 Notfallmaßnahmen

Die Dokumentationsmaske gibt ein Feld „Primäre Therapie“ vor, das ausgefüllt wird, sobald eine primäre therapeutische Maßnahme ergriffen wurde. Nur wenn das Feld als positiv markiert war, wurden Einzelheiten zu den nachfolgenden weiteren Optionen abgefragt.

Die therapeutischen Maßnahmen wurden nach den etablierten und zum jetzigen Kenntnisstand vorhandenen Möglichkeiten dokumentiert. Hierbei wurde unterschieden zwischen Maßnahmen zur Stabilisierung des Beckenrings und generellen, nicht-stabilisierenden Maßnahmen.

Für die **nicht-stabilisierenden Maßnahmen** wurde dokumentiert:

1. **Laparatomie/Tamponade:** Machte eine Kreislaufinstabilität eine notfallmäßige Laparatomie erforderlich, wurde näher beschrieben, ob eine Tamponade erfolgte und ggf. der Zugangsweg (Laparatomie oder extraperitoneal) näher beschrieben.
2. **Notfall-Embolisation:** Erforderte die Kreislaufinstabilität eine interventionelle Embolisation, wurde dies über die Eingabe als Notfallmaßnahme dokumentiert. Eine weitere nähere Beschreibung der Maßnahme erfolgte nicht.
3. **Extension:** Wurde eine notfallmäßige Extension angelegt, so wurde auch in diesem Fall keine weitere Unterteilung erfragt.

Für die **stabilisierenden Maßnahmen** wurde dokumentiert:

1. **Beckenzwinge:** Wurde als primäre Erstmaßnahme eine Beckenzwinge angelegt, wurde dies als Behandlung dokumentiert. Es erfolgte keine weitere Unterscheidung nach Art, Fabrikat oder Modell der verwendeten Zwinge.
2. **Beckengürtel:** Der Beckengürtel wurde als primäre Therapiemaßnahme anerkannt, wenn er ohne weitere primäre Maßnahme (Fixateur externe bzw. Beckenzwinge) bis zur ggf. sekundären Therapie angelegt blieb. Es erfolgte keine weitere Unterscheidung nach Art, Fabrikat oder Modell der verwendeten Gürtel.
3. **Tuchrolle:** Die Tuchrolle wurde ebenfalls als primäre Notfallmaßnahme dokumentiert, wenn keine weitere primäre Maßnahme (Fixateur externe oder

Beckenzwingen) das Tuch ersetzte und verblieb bis zur sekundär nachfolgenden Therapie.

4. **Fixateur externe:** Der Fixateur externe wurde als Erstmaßnahme von vielen Kliniken eingesetzt. Jedoch wurde keine weitere Unterteilung nach Art oder Fabrikat, noch nach Lokalisation bzw. Montage abgefragt. Demnach ist lediglich eine Aussage über die generelle Verwendung des Fixateurs als Erstmaßnahme möglich.

Für alle genannten Maßnahmen (sowohl generelle als auch stabilisierende) wurden die dokumentierenden Kliniken angehalten, das Erfolgsergebnis näher zu beschreiben. Die Dokumentationsmaske sah hierzu drei Möglichkeiten vor: „effektiv“ (entsprechend einer klinischen Verbesserung der Kreislaufsituation), „ineffektiv“ (entsprechend einer klinischen Verschlechterung der Kreislaufsituation) bzw. „unverändert“ (entsprechend keiner wesentlichen Veränderung der Kreislaufsituation). Eine nähere bzw. eindeutige Unterscheidung nach Qualitätsparametern wurde nicht vorgegeben.

Zudem wurde für alle oben genannte Maßnahmen die Zeit (min.) dokumentiert, die zwischen dem Eintreffen des Patienten in die Klinik und dem Beginn der Maßnahme verstrich.

2.3.8 Mortalität

Im Todesfall wurde von den dokumentierenden Kliniken die von den behandelnden Ärzten als ursächlich angenommene Todesursache dokumentiert.

Hierbei wurde unterschieden zwischen **Todesfolge** aufgrund:

- Beckenverletzung
- Kopfverletzung
- Thoraxverletzung
- abdominelle Verletzung

-
- Verblutung: hierunter wurde als Todesursache der hämorrhagische Schock definiert, der keinen der genannten Lokalisationen zugeordnet werden konnte.
 - Sepsis bzw. Multiorganversagen (MOV)
 - andere: hierunter wurde u.a. Herz-Kreislaufversagen, andere Organerkrankungen, maligne Grunderkrankungen, pulmonale Erkrankungen bzw. Komplikationen etc. genannt. Für alle genannten Parameter war eine Mehrfachnennung möglich. Im Feld „andere“ wurden die als Freitext angegebenen Todesursachen in übergeordnete Kategorien zugeordnet.

3 Statistik

Die Daten der MZ-Studie wurden in Microsoft Excel (Excel XP) eingetragen und zur weiteren Auswertung in das Statistikprogramm StatView (Abacus, Palo Alto, USA) importiert. Hier wurden die Daten zunächst deskriptiv aufgeschlüsselt; für stetige intervallskalierte Variablen nach Mittelwert, Standardabweichung, Häufigkeiten, Maximum und Minimum; für nominal- und ordinalskalierte Variablen nach absoluten und relativen Häufigkeiten. Die Auswertung erfolgte zunächst für den gesamten Datensatz, und anschließend für das Patientenkollektiv der Universitätsklinik Ulm.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch die Abteilung Biometrie der Universität Ulm durch PD Dr. Rainer Muche. Die Untersuchung auf Unterschiede zwischen den quasi-statischen Scores (ISS, PTS) erfolgte über den nicht-parametrischen Mann-Whitney-(U)-Test. Das für alle Vergleiche zugrunde gelegte Signifikanzniveau wurde unterhalb von 0,05 festgelegt ($p < 0,05$).

Die grafischen Darstellungen der Häufigkeiten wurden mit der Software StatView und Microsoft Excel (Excel XP) erstellt.

4 Ergebnisse

4.1 Zeiträume und beteiligte Kliniken

In die vorliegende Auswertung gehen die Daten ab Beginn der Erfassung der Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III bis zum 31.12.2006 ein. Innerhalb dieser Zeitspanne sind die Zeiträume der Datenerfassung der einzelnen Kliniken unterschiedlich (Tab. 1).

Tab. 1. Beteiligte Kliniken, Zeitraum der Datenerfassung, Gesamtsumme der vollständig erfassten Patientenzahlen von Beginn der Datenerfassung der AG Becken III der DGU/AO bis einschließlich 31.12.2006

BETEILIGTE KLINIKEN	DATENERFASSUNG AB	FALLZAHLEN GESAMT
BG-Unfallklinik Tübingen	2003	241
BG-Unfallklinik Murnau	2004	251
Charité, Campus Virchow Klinikum	2005	200
Friederikenstift Hannover	2005	91
Hirslanden Klinik Salem Bern	2005	1
Klinikum Augsburg	2005	1
Medizinische Hochschule Hannover	2005	127
SKM Klinikum Koblenz	2004	63
Städtisches Klinikum Braunschweig	2004	172
Städtisches Klinikum Karlsruhe	2005	68
Universitätsklinik Freiburg	2004	127
Universitätsklinik Hamburg Eppendorf	2003	39
Universitätsklinik Jena	2005	219
Universitätsklinik Kiel	2002	121
Universitätsklinik Leipzig	2005	15
Universitätsklinik Magdeburg	2005	115
Universitätsklinik Mainz	2004	76
Universitätsklinik Münster	2005	133
Universitätsklinik Saarland Homburg	2001	388
Universitätsklinik Ulm	2005	103
MZ-Studie gesamt		2540

Am Universitätsklinikum Ulm wurden zwischen dem 1.1.2005 und 31.12.2006 insgesamt 103 Patienten in die Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III eingepflegt. Diese Daten werden in der Folge mit denen der gesamten Fallzahlen der bis zum 31.12.2006 vollständig erfassten Patienten in der Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III verglichen. Bis zum 31.12.2006 wurden hier insgesamt 2540 Patienten erfasst. Somit beträgt der Anteil der am Universitätsklinikum Ulm erfassten Patienten an der Gesamtdatenbank 4,1%. In den nachfolgenden Angaben sind in den Datensätzen der Gesamtdatenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III auch die Fälle des Universitätsklinikums Ulm enthalten.

4.2 Alters- und Geschlechtsverteilung

Die Altersverteilung der Patienten unterschied sich nicht wesentlich zwischen der Gesamtdatenbank und den Patienten am Universitätsklinikum Ulm (Tab. 2). In der Geschlechtsverteilung zeigte sich in Ulm der Anteil der betroffenen Männer mit 60% etwas höher als im Vergleich zur Gesamtdatenbank mit 54,1%.

Tab. 2. Alters- und Geschlechtsverteilung der erfassten Patienten. Alter: Mittelwert \pm Standardabweichung (Minimum bis Maximum); Geschlecht: Häufigkeiten, Summen (Prozent)

	ALTER	GESCHLECHT	
		MÄNNLICH	WEIBLICH
MZ-Studie gesamt	53,9 \pm 23,2 J. (1 – 100 J.)	1374 (54,1%)	1166 (45,9%)
Universitätsklinik Ulm	52,7 \pm 21,8 J. (17 – 98 J.)	62 (60%)	41 (40%)

4.3 Aufnahmeart

Die Zuverlegungen der Patienten mit Beckenfrakturen an das Universitätsklinikum Ulm unterschied sich nicht wesentlich von denen der an der MZ-Studie teilnehmenden Kliniken. Die in der Gesamtdatenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III erfassten Patienten wurden mit 68,5% überwiegend primär stationär aufgenommen, nur 31,5% der Patienten wurden über andere Krankenhäuser zuverlegt. Am

Universitätsklinikum Ulm betrug der Anteil der primär aufgenommenen Patienten 63%, der der über andere Krankenhäuser zuverlegten Patienten 37%.

Tab. 3. Häufigkeiten der Zuverlegungsarten: Summen (Prozent)

	PRIMÄRE AUFNAHME	VERLEGUNG
MZ-Studie gesamt	1741 (68,5%)	799 (31,5%)
Universitätsklinik Ulm	65 (63%)	38 (37%)

4.4 Traumaarten und komplexe Beckenverletzungen

Beckenverletzungen treten zu einem hohen Anteil im Rahmen von Mehrfachverletzungen und Polytraumatisierungen auf. Dies konnte sowohl bei den 2540 Patienten der MZ-Studie als auch am Universitätsklinikum Ulm gezeigt werden (Tab. 4). Der Anteil der polytraumatisierten Patienten lag am Universitätsklinikum Ulm mit 35% etwas über dem Schnitt der übrigen teilnehmenden Kliniken der MZ-Studie mit 24,8%. Sowohl am Universitätsklinikum Ulm als auch in der Gesamtdatenbank der MZ-Studie lag der Anteil isolierter pelviner Verletzungen unter 50%.

Tab. 4. Häufigkeitsverteilung der Traumaarten: Summen (Prozent)

	ISOLIERTES TRAUMA	MEHRFACHVERLETZUNG	POLYTRAUMA
MZ-Studie gesamt	1214 (47,8%)	697 (27,4%)	629 (24,8%)
Universitätsklinik Ulm	42 (41%)	25 (24%)	36 (35%)

Dagegen traten komplexe Begleitverletzungen der Beckenorgane bei Vorliegen einer Beckenfraktur seltener auf (Tab. 5). Von den 2540 Patienten der MZ-Studie waren hier lediglich 7,0% betroffen; der Anteil der Patienten am Universitätsklinikum Ulm lag bei 13%.

Tab 5. Häufigkeitsverteilung komplexer Beckenverletzungen: Summen (Prozent)

	KOMPLEXE BECKENVERLETZUNG	ISOLIERTE PELVINE FRAKTUR
MZ-Studie gesamt	179 (7,0%)	2361 (93,0%)
Universitätsklinik Ulm	13 (13%)	90 (87%)

Bei komplexen Beckenverletzungen wurden nach den Daten der MZ-Studie das retroperitoneale Hämatom (2,8%), Blasen- (1,7%) und Urethraverletzungen (1,1%) und die einseitige Plexusläsion (1,1%) am häufigsten beobachtet (Tab. 6). Die übrigen Verletzungen wurden mit einer Häufigkeit von unter 1% beobachtet. Am Universitätsklinikum Ulm traten einseitige Plexusläsionen (5%) und retroperitoneale Hämatome (6%) vergleichsweise häufiger auf.

Tab 6. Häufigkeitsverteilung der einzelnen Verletzungsstrukturen bei komplexen Beckenverletzungen: Summen (Prozent). Mehrfachnennungen möglich.

	MZ-STUDIE GESAMT	UNIVERSITÄTSKLINIK ULM
Blasenverletzung	43 (1,7%)	2 (2%)
Urethraverletzung	29 (1,1%)	1 (1%)
pelvine Gefäßverletzung	17 (0,7%)	2 (2%)
retroperitoneales Hämatom	71 (2,8%)	6 (6%)
einseitige Plexusläsion	27 (1,1%)	5 (5%)
beidseitige Plexusläsion	6 (0,2%)	-
Vaginaverletzung	4 (0,2%)	-
Hodenverletzung	2 (<0,1%)	-
Sigmaverletzung	4 (0,2%)	-
Rektumverletzung	11 (0,4%)	1 (1%)
offene Fraktur	16 (0,6%)	2 (2%)
perianale Weichteilverletzung	21 (0,8%)	1 (1%)

Lag eine komplexe Beckenverletzung vor, so wurde der beim Eintreffen in der Klinik bestehende Hämoglobinwert im Serum (Hb), der systolische Blutdruckwert (RR_{syst}) und die Anzahl der verabreichten Erythrozytenkonzentrate in der Datenbank dokumentiert.

Der Hb-Wert betrug im gesamten Patientenkollektiv der MZ-Studie $9,2 \pm 3,1 \text{ g\%}$ (1,4 – 16,0 g%), am Universitätsklinikum Ulm wurde der Hb-Wert im Serum im Mittel mit $9,9 \pm 2,6 \text{ g\%}$ (6,0 – 13,0 g%) bestimmt (Abb. 7).

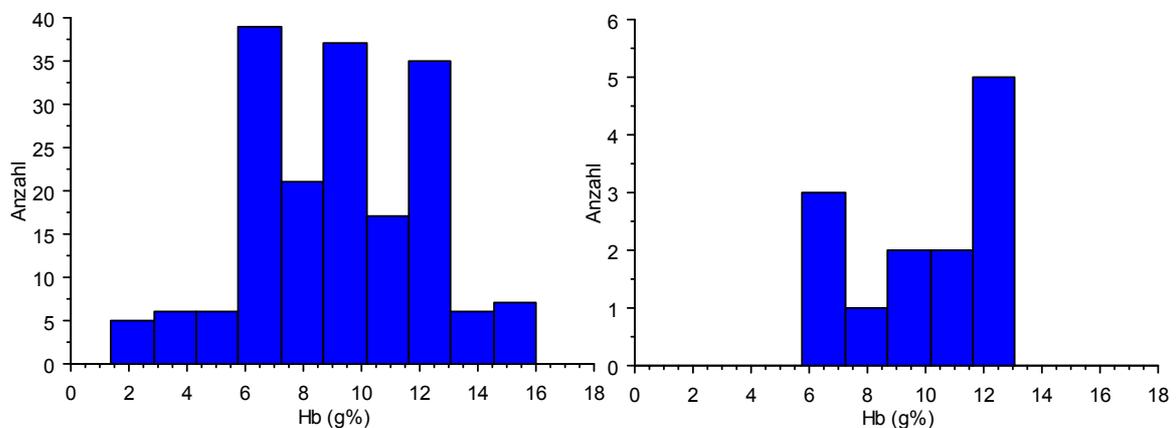


Abb. 7. Häufigkeitsverteilungen der bei Eintreffen der Patienten bestimmten Hb-Werte (g%) bei Vorliegen von Komplexverletzungen; links: MZ-Studie (n=179 Pat.); rechts: Universitätsklinikum Ulm (n=13 Pat.).

Der systolische Blutdruck wies im Gesamtkollektiv der MZ-Studie Werte von $106 \pm 24 \text{ mmHg}$ (50 – 160 mmHg) auf, am Universitätsklinikum Ulm wurden Werte von $112 \pm 16 \text{ mmHg}$ (90 – 140 mmHg) gemessen (Abb. 8). Die Daten der gesamten erfassten Patienten mit Komplexverletzungen zeigten, dass innerhalb der ersten 6 Stunden nach Aufnahme im Mittel $3,6 \pm 38$ Erythrozytenkonzentrate verabreicht wurden, und die Anzahl der erforderlichen Transfusionen innerhalb der nächsten 18 Stunden abnahm (Tab. 7). Am Universitätsklinikum zeigte sich der gleich Trend, jedoch war der Erythrozytenkonzentrat-Verbrauch im Vergleich zur Gesamtstudie geringer.

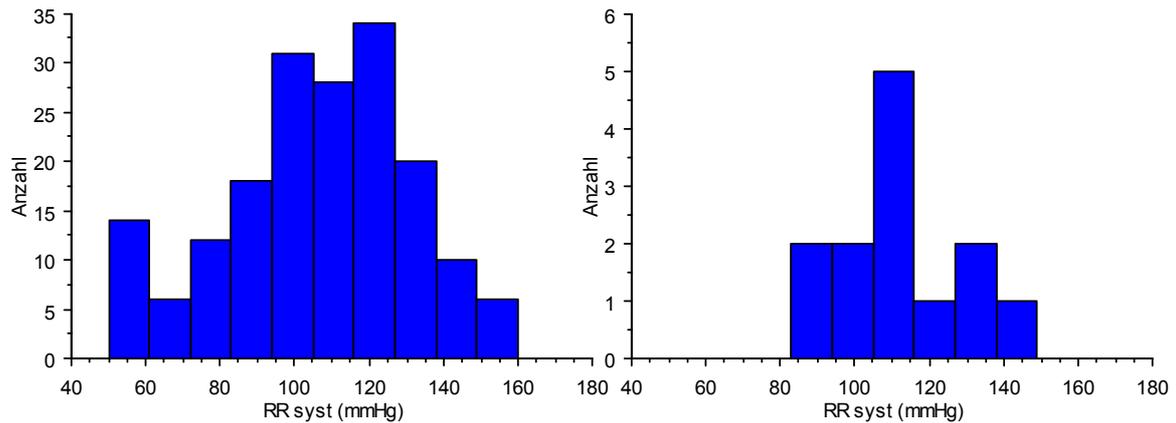


Abb. 8. Häufigkeitsverteilungen der bei Eintreffen der Patienten bestimmten systolischen Blutdruckwerte (mmHg) bei Vorliegen von Komplexverletzungen; links: MZ-Studie (n=179 Pat.); rechts: Universitätsklinikum Ulm (n=13 Pat.).

Tab. 7. Anzahl der verbrauchten Erythrozytenkonzentrat-Transfusionen (EK-Transfusionen) innerhalb der ersten 6 Stunden, sowie 7 bis 12 Stunden und 13 bis 24 Stunden nach Aufnahme: Mittelwert \pm Standardabweichung (Minimum bis Maximum).

	ANZAHL EK-TRANSFUSIONEN 1.-6. STUNDE	ANZAHL EK-TRANSFUSIONEN 7.-12. STUNDE	ANZAHL EK-TRANSFUSIONEN 13.-24. STUNDE
MZ-Studie gesamt	3,5 \pm 3,8 (0 – 10)	2,3 \pm 3,2 (0 – 10)	1,2 \pm 2,3 (0 – 10)
Universitätsklinik Ulm	2,0 \pm 2,3 (0 – 8)	1,0 \pm 1,0 (0 – 2)	0,5 \pm 1,0 (0 – 3)

4.5 Polytraumascores ISS und PTS

Zur Dokumentation der Schwere der Begleitverletzungen wurden die Polytraumascores ISS (2515 Patienten) und PTS (2522 Patienten) ermittelt, die Verteilungen der beobachteten Polytraumascores sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt (Abb. 9 und 10). Bei 18 Patienten wurde der ISS nicht ermittelt. In der Gesamtdatenbank betrug der ISS im Mittel $15,6 \pm 12,8$ (4 – 75), am Universitätsklinikum Ulm $13,8 \pm 9,5$ (4 – 57).

Der PTS wies in der MZ-Studie im Mittel einen Wert von $22,8 \pm 13,8$ (0 – 95) auf. Die Verletzungsschwere nach dem PTS war bei den Patienten, die am Universitätsklinikum Ulm behandelt wurden, ähnlich hoch. Hier betrug der mittlere Wert des PTS ($22,1 \pm 12,8$ (2 – 81)). Der PTS wurde in 4 verschiedene Traumagruppen unterteilt (Tab. 8).

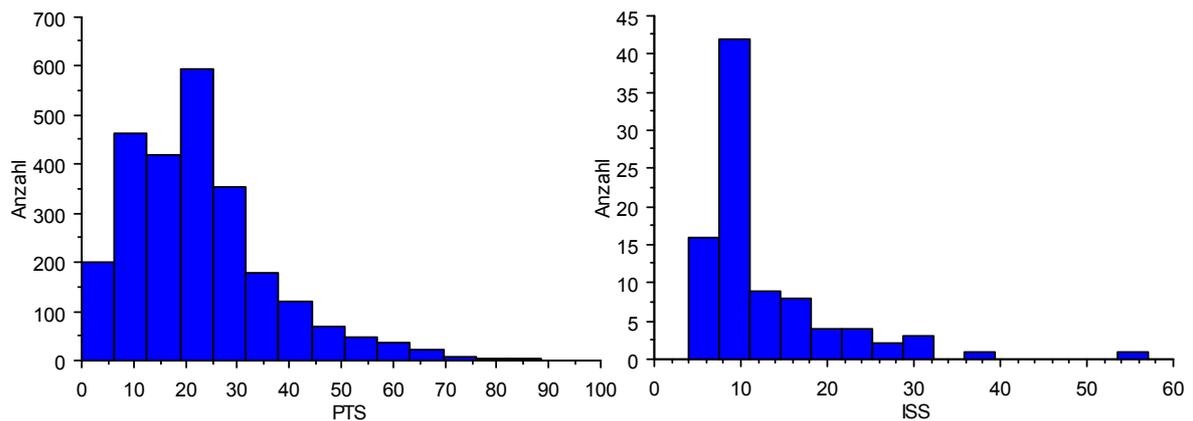


Abb. 9. Häufigkeitsverteilungen der beobachteten PTS-Polytrauma-Scores; links: MZ-Studie (n=2522 Pat.); rechts: Universitätsklinikum Ulm (n=103 Pat.).

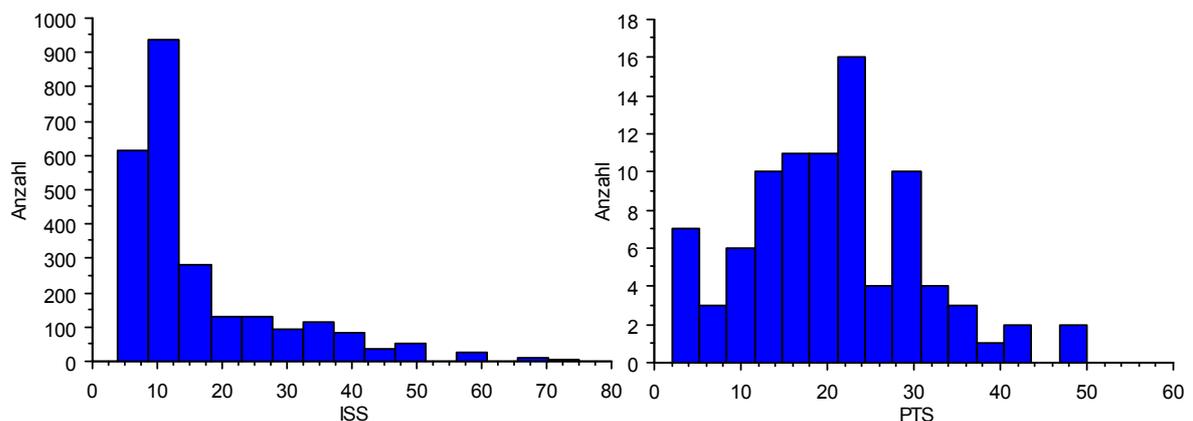


Abb. 10. Häufigkeitsverteilungen der beobachteten ISS-Polytrauma-Scores; links: MZ-Studie (n=2515 Pat.); rechts: Universitätsklinikum Ulm (n=102 Pat.).

Tab. 8. Gruppierung des PTS-Polytraumascores. Gruppe I entspricht hierbei einem niedrigen Polytraumascore, Gruppe IV dem höchsten Verletzungsgrad.

GRUPPE	PTS
I	≤ 19
II	20 – 34
III	35 - 48
IV	≥ 49

Tab 9. Beobachtete Häufigkeiten der gruppierten PTS-Polytraumascores: Summen (Prozent)

	MZ-STUDIE GESAMT	UNIVERSITÄTSKLINIK ULM
PTS Gruppe I	1103 (43,7%)	42 (41%)
PTS Gruppe II	1028 (40,8%)	53 (51%)
PTS Gruppe III	240 (9,5%)	5 (5%)
PTS Gruppe IV	141 (5,5%)	3 (3%)

Die Verteilung der PTS-Polytraumascore-Gruppen (Tab. 9) zeigte, dass für deutlich über 80% der Patienten ein niedriger PTS vorlag (Gruppen I und II). Schwere (Gruppe III) und sehr schwere (Gruppe IV) Polytraumatisierungen lagen jedoch in 15% der Fälle vor. Am Universitätsklinikum Ulm betrug der Anteil der schweren (Gruppe III) und sehr schweren (Gruppe IV) Polytraumatisierungen bei Beckenfrakturen insgesamt 8%.

4.6 Verletzungsmuster

Von den 2540 in der MZ-Studie erfassten Patienten hatte die Mehrzahl eine isolierte Fraktur des Beckens (65,7%) oder des Acetabulums (23,9%). Die Verteilung am Universitätsklinikum Ulm zeigte dagegen einen deutlich geringeren Anteil isolierter Beckenfrakturen zugunsten von kombinierten Frakturen des Beckens und des Acetabulums. Hier lag der Anteil mit 22% deutlich höher als in der gesamten Datenbank der MZ-Studie (8,7%). Zudem zeigte sich der Anteil der isolierten

Sakrumfrakturen am Universitätsklinikum Ulm mit 8% ebenfalls höher als in der MZ-Studie; hier war der Anteil mit 1,6% niedrig (Tab. 10).

Tab. 10. Häufigkeitsverteilung der Frakturtypen: Summen (Prozent)

	ISOLIERT BECKEN	ISOLIERT ACETABU- LUM	ISOLIERT SAKRUM	BECKEN + ACETABU- LUM	SAKRUM + ACETABU- LUM
MZ-Studie gesamt	1670 (65,7%)	608 (23,9%)	40 (1,6%)	221 (8,7%)	1 (<0,1%)
Universitätsklinik Ulm	44 (43%)	28 (27%)	8 (8%)	23 (22%)	-

4.7 Frakturklassifikationen

4.7.1 AO-Klassifikation der Beckenringfrakturen

In der Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III wurden insgesamt 1831 Beckenfrakturen nach der AO-Klassifikation gruppiert. Somit war offensichtlich nicht für alle dokumentierten Frakturen des Beckens (Gesamt 1891 Patienten, siehe Tab. 4) eine Klassifikation nach Tile möglich; mögliche Gründe hierfür sind nicht eruierbar.

Die Verteilung der Beckenfraktur der DGU/AO MZ-Studie Becken III zeigte, dass der Frakturtyp A nach AO mit insgesamt 43,1% der häufigste Typ war, gefolgt von 34,3% des Frakturtyps B, und 22,4% des Frakturtyps C (Tab. 11). Am Universitätsklinikum Ulm dominierte ebenfalls der Frakturtyp Tile A mit insgesamt 53%, die Frakturtypen Tile A und B kamen mit jeweils 23% gleichermaßen häufig vor.

Tab 11. Beobachtete Häufigkeiten der Klassifikation nach der AO bei Beckenfrakturen: Summen (Prozent)

	MZ-STUDIE GESAMT	UNIVERSITÄTSKLINIK ULM
A1	69 (3,8%)	1 (1%)
A2	680 (37,1%)	32 (49%)
A3	40 (2,2%)	2 (3%)
B1	184 (10,0%)	7 (11%)
B2	380 (20,8%)	8 (12%)
B3	65 (3,5%)	0
C1	273 (14,9%)	7 (11%)
C2	71 (3,9%)	4 (6%)
C3	66 (3,6%)	4 (6%)
A/B + Acetabulumfraktur	3 (0,2%)	1 (1%)

4.7.2 Klassifikation der Acetabulumfrakturen nach Letournel

In der Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III wurden insgesamt 812 Acetabulumfrakturen nach Letournel klassifiziert, wobei bei beidseitiger Acetabulumfrakturen jede Seite einzeln in die Klassifikation einging. Wiederum wurden bei der allgemeinen Angabe der Frakturlokalisation (Tab. 10) mit insgesamt 830 Acetabulumfrakturen die Gesamtzahl höher wiedergegeben, als letztendlich klassifiziert wurden; auch hier sind die Gründe für eine nicht erfolgte Klassifikation in der Datenanalyse nicht eruierbar.

Die dokumentierten Klassifikationen der Acetabulumfrakturen nach Letournel zeigten in der Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III ein gehäuftes Auftreten von Frakturen des vorderen Pfeiles, Zweipfeilerfrakturen, Frakturen des vorderen Pfeilers mit hinterer Hemiquerfraktur und Frakturen der hinteren Wand (Tab. 12). Am Universitätsklinikum Ulm wurden im Vergleich hierzu Frakturen der vorderen Wand, des hinteren Pfeilers und Zweipfeilerfrakturen gehäuft beobachtet.

Tab 12. Beobachtete Häufigkeiten der Letournel-Klassifikation der Acetabulumfrakturen: Summen (Prozent)

	MZ-STUDIE GESAMT	UNIVERSITÄTSKLINIK ULM
hintere Wand	105 (13,1%)	6 (11%)
hinterer Pfeiler	44 (5,5%)	9 (16%)
vordere Wand	55 (6,8%)	14 (25%)
vorderer Pfeiler	162 (20,1%)	7 (13%)
Querfraktur	62 (7,7%)	3 (5%)
T- Fraktur	39 (4,9%)	-
Querfraktur + hintere Wand	75 (9,3%)	1 (2%)
hintere Wand + hinterer Pfeiler	19 (2,4%)	-
vorderer Pfeiler + hintere Hemi- querfraktur	115 (14,3%)	4 (7%)
Zweipfeiler	128 (15,9%)	11 (20%)
unbekannt bzw. nicht klassifizierbar	8 (1,0%)	-

4.8 Primäre nicht-stabilisierende Notfallmaßnahmen

Zu den nicht-Becken-stabilisierenden Maßnahmen zählten die Notfall-Laparatomie, Notfall-Embolisation und die Anlage einer Extension.

4.8.1 Laparatomie und ggf. Tamponade

Eine Notfall-Laparatomie wurde an insgesamt 17 der teilnehmenden Kliniken der DGU/AO MZ-Studie Becken III und an insgesamt an 61 Patienten durchgeführt. Dies entspricht 2,4% aller dokumentierten Patienten.

Im Rahmen der erfolgten Laparatomien wurde in 84% eine Tamponade durchgeführt, in 16% erfolgte keine Tamponade (Tab. 13). Der Effekt der Tamponade wurde bei 47 Patienten (77%) als „effektiv“ eingeschätzt, bei 7 Patienten (11%) als „unverändert“, und bei weiteren 7 Patienten (11%) als „ineffektiv“. Die Dauer zwischen Einlieferung und Beginn der Laparatomie betrug im Mittel $100,5 \pm 153,7$ min. (10 – 900 min.).

Am Universitätsklinikum erfolgte lediglich bei einem Patienten eine Notfall-Laparatomie, die durch Blutstillung ohne Tamponade effektiv kreislaufstabilisierend beendet wurde.

Tab 13. Beobachtete Häufigkeiten der erfolgten Notfall-Laparatomien: Summen (Prozent)

	OHNE MASSNAHME	TAMPONADE ÜBER LAPARATOMIE	EXTRAPERITONEALE TAMPONADE
MZ-Studie gesamt	10 (16%)	39 (64%)	12 (20%)
Universitätsklinik Ulm	1	-	-

4.8.2 Notfall-Embolisation

Die Embolisation wurde lediglich an insgesamt 6 der teilnehmenden Kliniken der DGU/AO MZ-Studie Becken III und an insgesamt an 12 Patienten durchgeführt. Dies entspricht nur 0,5% aller dokumentierten Patienten. Der Effekt wurde bei 11 Patienten (91%) als „effektiv“ und in einem Fall als „ineffektiv“ (9%) bewertet. Die mittlere Zeitdauer von der Einlieferung des Patienten bis zum Beginn der Embolisation betrug $167,5 \pm 247,1$ min. (0 – 940 min.).

Am Universitätsklinikum Ulm wurde im dokumentierten Zeitraum ein Patient notfallmäßig embolisiert, wodurch der Kreislauf wieder stabilisiert werden konnte.

4.8.3 Extension

Die Extension zur notfallmäßigen Behandlung der Becken- bzw. Acetabulumfraktur wurde an insgesamt 17 der teilnehmenden Kliniken der DGU/AO MZ-Studie Becken III und an insgesamt an 106 Patienten durchgeführt. Dies entspricht 4,3% aller dokumentierten Patienten. Am Universitätsklinikum Ulm wurde dagegen im dokumentierten Zeitraum keine notfallmäßige Extensionsbehandlung durchgeführt.

Die Extensionsbehandlung wurde von den Kliniken der DGU/AO MZ-Studie Becken III zu 94% bei isolierter Acetabulumfraktur angewendet, wohingegen in nur 4% die Anlage aufgrund einer isolierten Beckenringfraktur und in 2 % aufgrund einer kombinierten komplexen Beckenring- mit Acetabulumfraktur erfolgte (Tab. 14). Die mittlere Zeitdauer zwischen Einlieferung des Patienten und Anlage der Extension betrug $142,4 \pm 148,3$ min. (1-999 min.).

Tab 14. Beobachtete Häufigkeiten der erfolgten notfallmäßigen Extensionsbehandlung: Summen (Prozent)

	EXTENSION AUFGRUND		
	ACETABULUMFRAKTUR	BECKENRINGFRAKTUR	ACETABULUM- UND BECKENRINGFRAKTUR
MZ-Studie gesamt	100 (94%)	4 (4%)	2 (2%)
Universitätsklinik Ulm	-	-	-

4.9 Stabilisierende Notfallmaßnahmen

Als Becken-stabilisierende Notfallmaßnahmen wurden von den teilnehmenden Kliniken der DGU/AO MZ-Studie Becken III die Beckenzwinge, der Beckengürtel, die Tuchrolle und der Fixateur externe erfasst. Zur Illustration sind die beobachteten Fallzahlen der nachfolgend näher beschriebenen Erstmaßnahmen in Abb. 11 zusammenfassend dargestellt.

4.9.1 Beckenzwinge

Die Beckenzwinge wurde an 13 teilnehmenden Kliniken als primäre Notfallmaßnahme verwendet, hierbei wurden innerhalb der DGU/AO MZ-Studie Becken III insgesamt 42 Patienten (1,7%) primär stabilisiert. Das Ergebnis wurde von den betreffenden Kliniken bei 25 Patienten (60%) als „effektiv“ beurteilt, bei 9 Patienten (21%) mit „unverändert“, bei 8 Patienten war das Ergebnis „ineffektiv“ (19%). Die Dauer von der Einlieferung bis zum Beginn der Anlage betrug im Mittel $75,9 \pm$

112,5 min. (10-600 min.). Die Beckenzwinge wurde am Universitätsklinikum Ulm bei einem Patienten dokumentiert, dieser Patient wurde jedoch bereits mit einer angelegten Beckenzwinge von einem auswärtigen Krankenhaus zuverlegt. Da trotz Beckenzwinge die Kreislaufsituation insuffizient war, wurde am Universitätsklinikum ein Verfahrenswechsel auf einen Fixateur externe durchgeführt, der in diesem Fall zu einer Kreislaufstabilisierung führte.

4.9.2 Beckengürtel

Der Beckengürtel wurde innerhalb der DGU/AO MZ-Studie Becken III nur sehr selten als primäre Notfallmaßnahme eingesetzt. Nur 3 Kliniken wendeten den Beckengürtel bei insgesamt 6 Patienten (0,2%) an, bei 4 Patienten (66%) mit einem „effektiven“ und 2 Patienten (33%) mit einem „unveränderten“ Ergebnis. Die Dauer von der Einlieferung bis zur Anlage des Gürtels betrug im Mittel $100,0 \pm 215,8$ min. (2-540 min.) Von den 6 dokumentierten Fällen erfolgte die Beckengürtelanlage bei 2 Patienten am Universitätsklinikum Ulm. In beiden Fällen war das Ergebnis „effektiv“. Die mittlere Dauer bis zur Anlage betrug $9,0 \pm 1,4$ min. (8-10 min.).

4.9.3 Tuchrolle

Die Tuchrolle wurde als primäre Maßnahme ebenfalls nur sehr selten eingesetzt. Nur 3 teilnehmende Kliniken dokumentierten die Anlage bei insgesamt 5 Patienten (0,2%). Die Berichte über die Ergebnisse ergaben in nur einem Fall (20%) ein „effektives“ und in ebenfalls einem Fall (20%) ein „unverändertes“ Ergebnis, jedoch bei 3 Patienten (60%) war die Anlage der Tuchrolle zur Stabilisierung „ineffektiv“. Die Dauer bis zur Anlage betrug im Mittel $13,0 \pm 6,7$ min. (5-20 min.). Am Universitätsklinikum Ulm wurde die Tuchrolle als primär stabilisierende Maßnahme nicht verwendet.

4.9.4 Fixateur externe

Der Fixateur externe war innerhalb der erfassten Notfallmaßnahmen zur Beckenstabilisierung innerhalb der DGU/AO MZ-Studie Becken III die zahlenmäßig vorherrschende Methode. An 16 teilnehmenden Kliniken wurde der Fixateur externe

bei insgesamt 238 Patienten (9,4%) angelegt. Die Fixateur-Anlage wurde bei 217 Patienten (91%) als „effektiv“ beschrieben, bei 20 Patienten (8%) war der Befund „unverändert“. Nur bei einem Patienten (<1%) wurde der Fixateur als „ineffektiv“ bezeichnet. Die Dauer von der Einlieferung bis zur Anlage betrug im Mittel $106,9 \pm 130,7$ min. (0-999 min.). Am Universitätsklinikum Ulm wurde der Fixateur zur notfallmäßigen Stabilisierung insgesamt bei 6 Patienten angelegt, bei 5 Patienten mit einem „effektiven“ und bei einem Patienten mit einem „unveränderten“ Ergebnis. Die Dauer bis zur Anlage betrug im Mittel am Universitätsklinikum Ulm $92,5 \pm 86,7$ min. (10-240 min.).

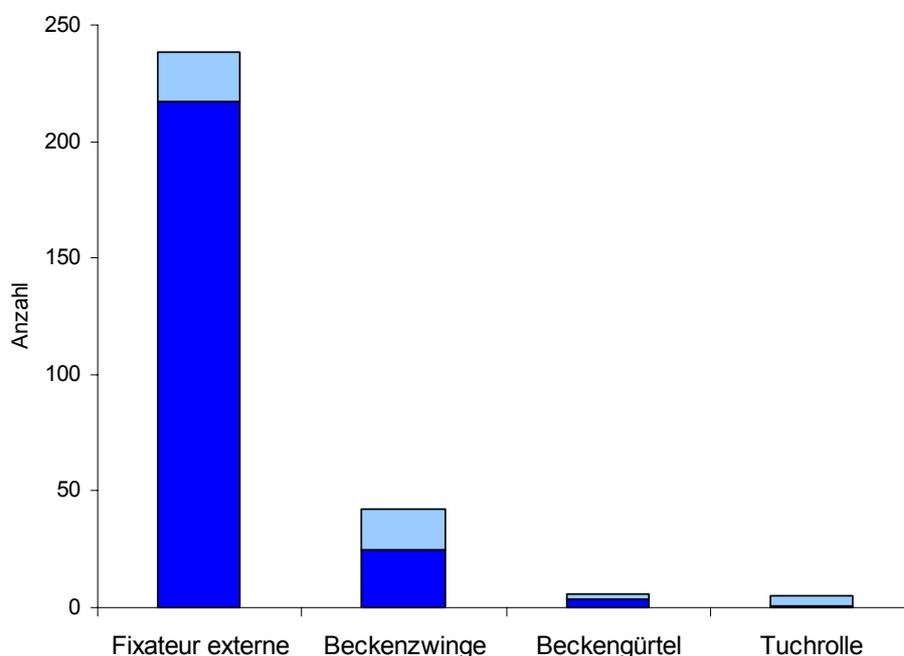


Abb. 11. Übersicht über die Häufigkeitsverteilungen der beobachteten stabilisierenden Notfallmaßnahmen aller teilnehmenden Kliniken der DGU/AO MZ-Studie Becken III. Dargestellt sind die absoluten Fallzahlen, sowie der Anteil der davon „effektiven“ Maßnahmen (dunkelblau) und der Anteil der „ineffektiven“ inkl. „unveränderten“ Therapiemaßnahmen (hellblau).

4.10 Mortalität

In der Datenbank der DGU/AO MZ-Studie Becken III wurde bei Todesfall die Todesursache nach der Beurteilung durch die dokumentierenden Ärzte angegeben.

Insgesamt verstarben 112 Patienten (4,4%) innerhalb des stationären Aufenthaltes, der mit dem Zeitpunkt der Erstaufnahme begann. Die Todesursache „Beckenverletzung“ wurde hierbei bei 27 Patienten (1,1%) festgestellt, wobei die Beckenverletzung alleine bei 13 Patienten (0,5%) Todesursache war (Tab. 15). Bei den übrigen 14 Patienten lagen neben der Beckenverletzung weitere Traumafolgen vor, die für die Todesursache mitverantwortlich gemacht wurden.

Tab 15. Beobachtete Häufigkeiten der Todesursache „Beckenverletzung“ innerhalb der DGU/AO MZ-Studie Becken III (Summen, Prozent)

TODESURSACHE	MZ-STUDIE GESAMT
Todesfälle insgesamt	112 (4,4%)
DAVON: Beckenverletzung liegt vor	27 (1,1%)
DAVON: ausschließlich Beckenverletzung	13 (0,5%)
DAVON: neben Beckenverletzung weitere Todesursachen (Mehrfachnennungen möglich):	
Kopfverletzung	4 (0,2%)
Thoraxverletzung	10 (0,4%)
Abdomenverletzung	8 (0,3%)
Verblutung	10 (0,4%)
Sepsis/MOV	2 (<0,1%)
Herz-Kreislaufstillstand	6 (0,2%)

Daneben wurden 85 Todesfälle dokumentiert, bei denen zwar eine Beckenverletzung vorlag, die jedoch nicht für den Eintritt des Todes verantwortlich gemacht wurde (Tab. 16). Als häufigste Ursachen wurden das Schädel-Hirn-Trauma, das Thoraxtrauma, Verblutung (andere Ursache als Beckenverletzung), Sepsis/MOV und Herz-Kreislaufstillstand genannt.

Am Universitätsklinikum Ulm verstarb ein Patient mit Beckenverletzung, der jedoch nicht an den Traumafolgen, sondern an einer pulmonalen Insuffizienz bei bereits vorbestehendem fortgeschrittenem Bronchialkarzinom verstarb.

Tab 16. Beobachtete Häufigkeiten der übrigen Todesursache exklusive „Beckenverletzung“ innerhalb der DGU/AO MZ-Studie Becken III (Summen, Prozent)

TODESURSACHE	MZ-STUDIE GESAMT
Todesfälle insgesamt	112 (4,4%)
DAVON: keine Beckenverletzung, Todesursachen (Mehrfachnennungen möglich):	
Kopfverletzung	27 (1,1%)
Thoraxverletzung	13 (0,5%)
Abdomenverletzung	7 (0,3%)
Verblutung	18 (0,7%)
Sepsis/MOV	15 (0,6%)
Gefäßverletzung	1 (<0,1%)
Herz-Kreislaufstillstand	10 (0,4%)
pulmonale Ursache	5 (0,2%)
Leber-/Nierenerkrankung	2 (<0,1%)
Maligne Erkrankung	2 (<0,1%)

4.10.1 Mögliche Auswirkungen des Verletzungsmusters auf die Prognose

Aufgrund der multifaktoriellen Genese der Todesfälle im Kollektiv ist jede Aussage zu möglichen Ursachen im Rahmen der dokumentierten Daten problematisch. Die folgenden Analysen sind daher ausschließlich deskriptiv.

Für die Todesfolge waren das Verletzungsmuster und die Verletzungsstärke wesentliche Faktoren. Erwartungsgemäß verstarben insbesondere polytraumatisierte Patienten, wobei der Anteil der polytraumatisierten Patienten bei Todesfolge „Beckenfraktur“ mit 89% sehr hoch war (Tab. 17).

Tab. 17. Häufigkeitsverteilung der Traumaarten, unterteilt nach der Prognose (nicht verstorben, verstorben und verstorben als Todesfolge einer Beckenverletzung): Summen (Prozent)

	ÜBERLEBT (ALLE)	VERSTORBEN (ALLE)	VERSTORBEN (TODESFOLGE: BECKENVERLET- ZUNG)
isolierte Beckenverletzung	1175 (49,6%)	18 (16%)	3 (11%)
Mehrfachverletzung	671 (28,4%)	9 (8%)	-
Polytrauma	520 (22,0%)	85 (76%)	24 (89%)

Die Überlebenden hatten im Mittel eine PTS-Gruppe II ($22,5 \pm 13,5$; 0 – 95), die verstorbenen Patienten dagegen im Mittel eine PTS-Gruppe III ($43,4 \pm 16,9$; 12 – 85). Patienten, deren Todesursache eine Beckenfraktur beinhaltete, wiesen im Mittel sogar die höchste PTS-Gruppe IV auf ($48,6 \pm 17,2$; 12 – 85). Die Unterschiede im PTS waren zwischen den Überlebenden und den Verstorbenen signifikant ($p < 0,0001$) unterschiedlich, die an einer Beckenverletzung verstorbenen Patienten hatten jedoch keinen signifikant höheren PTS-Score im Vergleich zu den übrigen verstorbenen Patienten.

Die gleichen Ergebnisse zeigte auch der ISS als weiterer Polytraumascore. Die überlebenden Patienten hatten mit einem ISS von im Mittel $14,6 \pm 11,8$ (4 – 75) einen deutlich niedrigeren Score, als die verstorbenen Patienten mit einem mittleren ISS von $34,5 \pm 17,8$ (4 – 75). Patienten, deren Todesursache allein oder zumindest teilweise auf die Beckenverletzung zurückging, hatten darüber hinaus einen erhöhten mittleren ISS-Score von $36,4 \pm 17,4$ (9 – 75). Die Unterschiede im ISS zwischen den Überlebenden und den Verstorbenen waren wiederum signifikant ($p < 0,0001$) unterschiedlich. Auch die an einer Beckenverletzung verstorbenen Patienten hatten auch bezüglich des ISS keinen signifikant höheren Score im Vergleich zu den übrigen verstorbenen Patienten.

4.10.2 Mögliche Auswirkungen der Erstmaßnahmen auf die Prognose

Aufgrund der geringen Fallzahlen der angewandten Notfallmaßnahmen ist eine Aussage über deren Auswirkungen auf die Prognose nicht beweisend durchzuführen, daneben ist dies aufgrund der multifaktoriellen Genese der Todesfolge ohnehin problematisch. Daher soll die zusammenhängende Darstellung der Erstmaßnahmen mit der Prognose ausschließlich deskriptiv ohne Überprüfung der Signifikanz erfolgen.

Die Notfall-Laparatomie als Erstmaßnahme bei Kreislaufinstabilität führte bei 42 Patienten (69%) zu einem Überleben, wobei nicht beweisend die Laparatomie für das Überleben gemacht werden kann (Tab. 18). Bei 9 Patienten und damit 15% der durchgeführten Laparatomien war die Beckenverletzung unmittelbare Todesfolge und somit auch durch diesen Notfalleingriff nicht beherrschbar.

Die Embolisation führte bei 9 Patienten (75%) zum Überleben, auch hier ist die direkte Korrelation der beiden Parameter nicht beweisend. Jedoch verstarb nur ein Patient als Folge der Beckenverletzung nach Embolisation.

Tab. 18. Häufigkeitsverteilung der nicht-stabilisierenden Notfallmaßnahmen, unterteilt nach der Prognose (nicht verstorben, verstorben und verstorben als Todesfolge einer Beckenverletzung): Summen (Prozent)

	ÜBERLEBT (ALLE)	VERSTORBEN (ALLE)	VERSTORBEN (TODESFOLGE: BECKENVERLET- ZUNG)
Laparatomie	42 (69%)	19 (31%)	9 (15%)
Embolisation	9 (75%)	3 (25%)	1 (8%)
Extension	105 (99%)	1 (1%)	-

Nur ein Patient (1%), der eine Extension als Erstmaßnahme erhielt, verstarb, und dies auch nicht aufgrund der Beckenverletzung. Dies erklärt sich aufgrund der Indikationsstellung zur Extension, die in der Regel nicht aufgrund der vitalen Ge-

fährdung, sondern aufgrund des Repositionsverlustes einer Acetabulumfraktur erfolgt (Tab. 14).

Interessant ist der Vergleich der stabilisierenden Erstmaßnahmen mit der Prognose (Tab. 19). Der von den meisten teilnehmenden Kliniken favorisierte Fixateur externe führte zu einem Überleben von 217 Patienten (91%), wobei lediglich 5 Patienten (2%) aufgrund der Beckenverletzung verstarben.

Die Ergebnisse bezüglich der Prognose sind aufgrund der Fallzahlen mit denen der Anwendung der Beckenzwinge zu vergleichen. Diese führte bei lediglich 26 Patienten (62%) zum Überleben, wobei 7 Patienten (16%) an den Folgen der Beckenverletzung verstarben. Es muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass auch hier ein direkter Zusammenhang nicht beweisend geführt werden kann.

Tab. 19. Häufigkeitsverteilung der stabilisierenden Notfallmaßnahmen, unterteilt nach der Prognose (nicht verstorben, verstorben und verstorben als Todesfolge einer Beckenverletzung): Summen (Prozent)

	ÜBERLEBT (ALLE)	VERSTORBEN (ALLE)	VERSTORBEN (TODESFOLGE: BECKENVERLET- ZUNG)
Beckenzwinge	26 (62%)	16 (38%)	7 (16%)
Beckengürtel	3 (50%)	3 (50%)	2 (33%)
Tuchrolle	2 (40%)	3 (60%)	3 (60%)
Fixateur externe	217 (91%)	21 (9%)	5 (2%)

Die beiden übrigen Notfallmaßnahmen „Beckengürtel“ und „Tuchrolle“ fanden im Rahmen der DGU/AO MZ-Studie Becken III kaum Anwendung und lassen sich daher nur bedingt bezüglich der Prognose überprüfen. Auffällig ist jedoch bei beiden Methoden die relativ hohe Anzahl verstorbenen Patienten, die im Wesentlichen auch an der Beckenverletzung verstarben. Dass dies jedoch keineswegs

beweisend auf die Erstversorgung zurückzuführen ist wurde bereits mehrfach erwähnt.

5 Diskussion

Zur notfallmäßigen Stabilisierung des Beckens sind nur einfache und rasch anwendbare Verfahren geeignet. Zur Wahl stehen bei den mechanischen Stabilisierungsverfahren neben den externen Verfahren wie Beckenzwinge, Fixateur externe, Beckengurt und weitere Verfahren lediglich primär intern anzuwendende Stabilisierungsverfahren, wie z.B. die ventrale Iliosakralgelenksplatte, ISG-Platten, Symphysenplatte oder die dorsale perkutane ISG-Verschraubung [19]. Sie unterscheiden sich untereinander im Hinblick auf die mechanische Stabilität [132,142,166]. In der Notfalltherapie, bei der häufig die Schockbehandlung und die kardiopulmonale primäre Stabilisierung meist in Verbindung mit Begleitverletzungen im Vordergrund stehen, kommen primäre innere Osteosynthese in der Regel nicht in Betracht [121].

Für die blutstillenden Verfahren werden in der Literatur die chirurgische Blutstillung (pelvine extraperitoneale Tamponade) und interventionelle Verfahren (intraaortale Blockade, Katheterembolisation) angegeben [1,8,96,116]. Die Frage welche dieser Maßnahmen anzuwenden ist, wird weiterhin kontrovers diskutiert und wird in der Praxis in Abhängigkeit des Frakturtyps, Klinikphilosophie, Kompetenz des Anwenders, Allgemeinzustand des Patienten u.v.m. unterschiedlich interpretiert und angewendet. Vor allem die instabilen hinteren Beckenverletzungen können mit einem massiven Blutverlust einhergehen, der nicht selten zum terminalen Schock mit Kreislaufdekomensation bis hin zur Verbrauchskoagulopathie führt, bevor adäquate therapeutische Maßnahmen ergriffen werden können [164].

In großen Traumazentren weisen bis zu 18% der Patienten mit Beckenfrakturen eine lineare Instabilität des hinteren Ringsegmentes auf [71,95]. Diese Verletzungen weisen nicht selten ausgedehnte Blutungen aus dem präsakralen Venenplexus auf, wobei die diffuse venöse Blutung mit 80% weitaus häufiger angegeben wird als die arterielle Blutung [16,39,50,93]. Nach Literaturangaben versterben zwischen 5% und 21% der Patienten mit einer instabilen Beckenfraktur an den Blutungsfolgen [15,29,44,50]. Demzufolge steht also die Kontrolle der Blutung bei der Notfallbehandlung absolut im Vordergrund.

Die Gesamt-Mortalität lag in der vorliegenden Untersuchung der DGU/AO MZ-Studie Becken III bei 112 Patienten (4,4%), wobei die Beckenfraktur bei 27 Patienten (1,1%) Todesursache war. Hierbei hatte die Schwere der Verletzung einen signifikanten Einfluss auf das Überleben; die 27 an der Beckenfraktur gestorbenen Patienten hatten die höchste Polytraumagruppe IV (48,6) nach dem PTS-Schlüssel und einen mittleren ISS-Score von 36,4. Bereits andere Autoren stellten fest, dass die Begleitverletzungen höchste Korrelationen mit der Überlebenschance aufweisen, weit mehr als Frakturtyp oder die Stabilität der Fraktur [55,85]. Somit stehen beim polytraumatisierten Patienten unabhängig von der Art der Stabilisierung das Polytraumamanagement und die Kontrolle blutungsbedingter Komplikationen an erster Stelle.

5.1 Stellenwert der stabilisierenden Notfallmaßnahmen

5.1.1 Beckenzwinge

Die Beckenzwinge wird als Notfallmaßnahme häufig bei ligamentären Verletzungen und vor allem zur direkten Reposition und Stabilisation von Dislokationen bzw. Frakturen des hinteren Beckenrings eingesetzt [164].

Das Anlegen erfolgt unter Bildwandlerkontrolle, wobei die Pins beidseits perkutan in das Os ilium eingebracht werden. Der Insertionspunkt liegt im Kreuzungspunkt der direkten Linie von Spina iliaca posterior superior zur Spina iliaca anterior superior mit der verlängerten longitudinalen Achse des Femurs [44]. In Rückenlage befinden sich die Nageleintrittspunkte auf einer gedachten Linie zwischen Spina iliaca posterior superior und Spina iliaca anterior superior 3 bis 4 Querfinger ventral der Spina iliaca posterior superior. Falls die Spina iliaca posterior nicht zu tasten ist, kann auch die Kreuzungsstelle der Senkrechten über der Spina iliaca anterior superior und der gedachten Verlängerungslinie vom Trochanter major als Eintrittsstelle definiert werden. Alternativ können die Pins auch supra-acetabulär platziert werden, wodurch eine gleichmäßige Kompression sowohl posterior als auch anterior erfolgt [134]. Findet das Einbringen zu weit distal statt wird der N. ischiadicus im Foramen ischiadicum majus gefährdet; eine Platzierung, die zu weit ventral liegt, trifft das Os ilium an seinem geringsten Durchmesser mit der Gefahr

der Nagelperforation. Durch das Einbringen der beiden Spindeln in den Spannarm werden diese bis zum Knochen vorgeschoben [163]. Danach erfolgt durch Eindrehen der Spindeln das Schließen der Zwinge und somit die Kompression des hinteren Beckenrings [44].

Vor allem bei einer Sprengung des hinteren Beckenrings können mit Hilfe der Beckenzwinge lebensbedrohliche Blutungen durch die mechanische Reposition und Kompression beherrscht werden [51,131,139,143,161]. Die Beckenzwinge füllt an dieser Stelle eine Lücke: vom Prinzip her einem Fixateur externe vergleichbar, wirkt sie aber direkt auf den dorsalen Beckenring [147]. Sie kann rasch und einfach, selbst vom Nichtgeübten angebracht werden und behindert weder den Zugang zum Abdomen noch den Zugang zu den Extremitäten [164].

Nach Witschger et al. [164] kann die Beckenzwinge bei klinischen Zeichen einer massiven Beckenringinstabilität mit Massenblutung wegen der vergleichsweise geringen Morbidität als lebensrettende Maßnahme in Ausnahmefällen auch ohne beweisendes Röntgenbild angelegt werden. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass die Beckenzwinge bei ISG-nahen Trümmerfrakturen des Os ilium kontraindiziert ist, da der Nagel in der Trümmerzone keinen Halt findet oder das gebrochene Ilium über das Sakrum nach medial geschoben wird [164]. Des Weiteren ist es wichtig den Sitz der Beckenzwinge nach mehrmaligem Umlagern und Manipulieren des Patienten zu kontrollieren und bei Bedarf nachzuspannen, da ansonsten eine sekundäre Dislokation der Fraktur unbemerkt bleiben kann.

Die am weitesten verbreitete Beckenzwinge ist die Zwinge nach Ganz. Die von Browner entwickelte ACE-Zwinge bietet eine vergleichbare initiale Stabilität, birgt jedoch die Gefahr der frühzeitigen Lockerung aufgrund der nicht immer parallelen Position der Pins, wie sie bei der Beckenzwinge nach Ganz zu finden ist [134]. Nach Pohlemann et al. ist bei instabilen Beckenverletzungen des Typ C aufgrund biomechanischer Untersuchungen die Beckenzwinge dem Fixateur externe vorzuziehen [116]. Bei instabilen Beckenverletzungen des Typ B konnten in dieser Untersuchung keine nennenswerten Unterschiede zwischen Fixateur externe und Beckenzwinge gezeigt werden. Darüber hinaus liegen bisher keine Untersuchun-

gen zu der Frage vor, welche Methode der Notfallstabilisierung den besten Einfluss auf die Blutstillung hat.

Vorteile der Beckenzwinge sehen die befürwortenden Autoren in einer im Vergleich zum Fixateur externe schnelleren Anlagezeit, jedoch aber vor allem in der im Gegensatz zum (supraacetabulären) Fixateur externe höheren mechanischen Wirkung auf den hinteren Beckenring [21,33,65,125]. Des Weiteren kann der von ventral angebrachte Fixateur externe weitere therapeutisch dringend notwendigen Maßnahmen, wie z.B. eine Laparotomie, behindern [158]. Die Beckenzwinge kann sogar bei Versorgung mit einer definitiven Osteosynthese während der Operation belassen werden, insbesondere dann, wenn eine ventrale Verplattung einer ISG-Luxation durchgeführt wird [164]. Die Autoren zeigten an einem Fall, dass die Reposition des luxierten ISG durch die Anwendung der Beckenzwinge wesentlich erleichtert wurde.

Ganz et al. [44,64] haben die Beckenzwinge zur Primärstabilisierung von 30 Patienten mit 5 B- und 25 C- Verletzungen eingesetzt [64]. Von den 18 Fällen mit hämodynamischer Instabilität war die Applikation der Zwinge in 10 Fällen hämodynamisch effektiv. Die Beckenzwinge wurde durchschnittlich 4,5 Tage (3 Stunden bis 15 Tage) belassen. Im Zusammenhang mit der Beckenzwinge kam es zu keinen Komplikationen. Andere Arbeitsgruppen berichten hingegen über Komplikationen wie Nervenkompression oder erhebliche Medialverschiebung eines Hemipelvis bei Verwendung der Beckenzwinge [5].

Transiliakale Beckenfrakturen stellen sogar eine Kontraindikation dar, weil die Pins bei Dislokation zu einer Organverletzung im kleinen Becken führen können [137]. Dies führte bereits zu ersten Berichten über trochantär angelegte Beckenzwinge, die die Gefahr der intrapelvinen Pinperforation bei trotzdem suffizienter Reposition und Retention ausschließt [2]. Auch ist die exakte Anwendung der Beckenzwinge schwieriger als beim Fixateur. Bei zu dorsaler bzw. distaler Anlage kann das gluteale Gefäß- und Nervenbündel mit verletzt werden. Bei ausgedehnten Sakrumfrakturen kann die Beckenzwinge durch Kompression eine Nervenschädigung erzeugen [116].

In der vorliegenden Untersuchung der DGU/AO MZ-Studie Becken III kam die Beckenzwinge zwar bei 13 von 20 teilnehmenden Kliniken zum Einsatz, insgesamt wurden jedoch nur 42 Patienten mit der Zwinge versorgt. Auch war der Anteil der Effektivität durch die dokumentierenden Kliniken nur in 60% positiv beurteilt worden, dagegen bei 40% als im Resultat „ineffektiv“ bzw. „unverändert“. Die Korrelation der Mortalität mit der Erstversorgung ist als solche nicht unproblematisch, da neben der Fixationsmethode eine Vielzahl anderer Parameter, wie z.B. die Traumatische Schwere diesen Parameter beeinflussen. Vor diesem Hintergrund müssen die Zahlen interpretiert werden, dass von den 42 mit Beckenzwinge versorgten Patienten lediglich 26 Patienten (62%) überlebten und immerhin 7 Patienten (16%) an den Folgen der Beckenverletzung verstarben. Die Beckenzwinge ist nach den Daten der Multizenterstudie demnach in der Häufigkeit der Anwendung auch bezüglich des Behandlungserfolges dem Fixateur in der Notfallversorgung unterlegen. Letzteres kann aus den empirischen Daten jedoch nicht bewiesen werden, jedoch besteht der Vorteil der Datenerfassung der Multizenterstudie in den relativ hohen Fallzahlen zu diesen selteneren Verletzungen.

5.1.2 Fixateur externe

Der Fixateur externe ist auch nach den Literaturangaben die am weitesten verbreitete Maßnahme zur operativen Stabilisierung des Beckenrings zur notfallmäßigen Reduktion des Beckenvolumens, zur Blutungsreduktion und notfallmäßigen Beckenstabilisierung [18,24,57,76,81,91]. Vorteilhaft erscheinen die relativ einfache Handhabung, die Verfügbarkeit in den meisten Kliniken und der geringe Weichteilschaden.

Jedoch darf die Anwendung des Fixateur externes nicht unkritisch empfohlen werden. Ertel et al. [37] gaben an, dass der Fixateur externe nicht bei allen Patienten ausreichende Blutungskontrolle erlaubt. Auch Grimm et al. [54] zeigten in weiteren experimentellen Untersuchungen, dass die externe Fixation allein, nicht geeignet ist, einen Tamponadeeffekt für retroperitoneale Blutungen aufgrund fehlender Kompartimentgrenzen zu erzielen. Lediglich durch direkte Kompression auf Frakturflächen kann demnach eine hämodynamische Stabilisierung erreicht werden. Egbers et al. [36] zeigten, dass bei rotationsinstabilen sog. „open-book“ Verletzun-

gen (Typ-B-Verletzungen) zwar ausreichende Haltekräfte gemessen wurden, jedoch ließ sich die Belastungsgrenze für die vertikal instabilen Typ-C-Verletzungen nicht ausreichend erhöhen. Durch komplexere Fixateurkonstruktionen ließen sich zwar bessere Haltekräfte erzielen, doch nur durch kombinierte anteriore und posteriore Stabilisierungen konnte eine ausreichende Stabilität erreicht werden [116,148]. Auch sahen Wirbel & Mutschler [163] eine hinreichend dauerhafte Stabilität aufgrund der ungünstigen Hebelarmverhältnisse besonders des dorsalen Beckenrings (vor allem bei vertikal instabilen Typ-C-Verletzungen) im Fixateur externe nicht gegeben, weshalb nach den Autoren eine Ausbehandlung im Fixateur nur in Ausnahmefällen, z. B. bei ungünstiger Weichteilsituation, vorbehalten sein sollte. Nach Witschger et al. [164] ist eine dorsal komprimierende Montage eines ventralen Fixateur externes sehr zeitaufwendig und voluminös. Daneben stellt der montierte Apparat eine Behinderung für die evtl. anfallende abdominale und urologische Revision dar. Des Weiteren ist das Risiko der Pininfektion mit Auslockerung der Montage und drohender Beckenschaufelosteitis hoch [163].

Vor allem in der früheren Anwendungsphase wurden die Schanz-Schrauben in den Beckenkamm eingebracht [65]. Dabei kam es jedoch regelmäßig zur Verkipfung der Beckenhälften mit Auseinanderweichen der Symphyse und des SI-Gelenkes.

Demgegenüber bietet die supraacetabuläre Applikation der Schanz-Schrauben durch die festere knöcherne Verankerung und den günstigeren Kräfteansatzpunkt mehr Stabilität [77]. Die Reposition und Retention erfolgt über je zwei in beiden Ossa ilii verankerten Schanz-Schrauben mit einer doppelten queren Rohrmontage in Allgemeinnarkose. Ein Vorbohren ist nicht notwendig. Nach Perforation der Kortikalis mit einem Hammerschlag können die selbstschneidenden Schrauben problemlos eingebracht werden. Bei Anwendung von paarigen Schrauben auf jeder Seite wird das kraniale Schraubenpaar in die Crista iliaca, das kaudale im Bereich der Spina iliaca anterior inferior oder im Bereich des festen supraacetabulären Os ilium platziert. Die Schanz-Schrauben werden gemäß der Neigung der Beckenschaufeln in einem Winkel von 20° bis 40° eingebracht. Dabei muss eine frakturbedingte Rotationsfehlstellung der Beckenschaufeln beachtet werden. Als Orientierung kann auf der Darmbeinschaufelinnenseite ein Bohrdrat mit seinem stump-

fen Ende subperiostal platziert werden. Auf jeder Seite werden die Schanz-Schrauben mit kurzen Rohren verbunden. Diese dienen als Hebelarm zur Reposition, ehe die Längsträger fixiert werden. Bei der Rohrmontage ist auf einen genügend weiten Abstand zur Bauchdecke zu achten, da mit einer weiteren abdominalen Volumenzunahme infolge Darmmotilitätsstörungen zu rechnen ist. Das kraniale Schraubenpaar sollte deshalb zeltförmig miteinander verbunden werden [163]. Als ein weiterer Vorteil der supraacetabulären Lage der Schanz-Schrauben ist die bessere Weichteildeckung zu sehen [98,130].

Der supraacetabuläre Fixateur kann inzwischen als Standardmontage in der Behandlung mit dem Fixateur externe angesehen werden [145]. Er wird zur Primärstabilisierung von Becken B- und C-Verletzungen angewendet, sowie zur definitiven Behandlung von lateralen Kompressionsverletzungen [145].

Von Nachteil ist jedoch, dass auch der supraacetabuläre Fixateur externe bei translatorisch instabilen Beckenringverletzungen keine ausreichende Kompression auf den dorsalen Beckenring ausüben kann. Dies konnte in mehreren biomechanischen Untersuchungen gezeigt werden [116,124].

Beim Anbringen des Fixateur externe muss auf einige Fehler, Gefahren und Komplikationen hingewiesen werden. Bei zu senkrechter Bohrung oder horizontaler Bohrung sowie bei Osteoporose kann es zur Perforation des Os Ilium führen. Folglich muss dann ein neuer supraacetabulärer Bohrkanal verwendet werden. Ansonsten erfolgt die Fixateuranlage im Os Ilium über der Crista iliaca [47]. Kommt es beim Eindrehen der Schanz-Schrauben zur Gelenkperforation muss die Schanz Schraube zurückgedreht werden und ein neuer Bohrkanal supraacetabulär verwendet werden. Als Anhalt sollte der untere Pin mindestens 1,6 cm oberhalb des radiologisch sichtbaren Gelenkspalts eingebracht werden [45].

Die Rate der Pininfektionen wird zwischen 0% und 5% angegeben [22,47]. Es muss eine Wunderöffnung, Abstrichentnahme, ausgiebiges Débridement z.B. mit einem scharfem Löffel, eine Antibiose nach Antibiogramm und ein Wundverband mit aseptischen Lösungen erfolgen [157]. Eine Läsion des Nervus cutaneus femoris lateralis trat laut Untersuchungen in 1% bis 13% auf [72,157]. Gegebenenfalls

muss eine Neuplatzierung der Schanz-Schraube oder intraoperative Darstellung des Nervs erfolgen.

Zusammenfassend ist der Fixateur externe zum einen zur Notfallversorgung von instabilen Beckenringfrakturen vom Typ B und C indiziert, des weiteren dient er als temporäre Osteosynthese instabiler Beckenfrakturen vor allem bei schlechtem Allgemeinzustand des Patienten oder lokalem Weichteilschaden [47]. Im klinischen Alltag kommt er zur definitiven Behandlung von Typ-B-Verletzungen zum Einsatz. Nach der aktuellen Literatur hat die alleinige Fixateurbehandlung ihren Stellenwert bei den lateralen Kompressionsverletzungen mit Frakturen der Schambeinäste; Symphysensprengungen sollten besser mit einer Plattenosteosynthese geschlossen werden [7,84,113]. Als definitive Behandlung des ventralen Beckenrings wird der Fixateur externe bei Typ-C-Verletzungen mit transpubischer Instabilität nach dorsaler interner Stabilisierung angewandt. Die alleinige Stabilisierung mit ventralem Fixateur externe reicht aufgrund des Risikos sekundärer Dislokationen nicht aus [7,84,161]. Unterstützend ist der Fixateur externe in der Klinik zur Stabilisierung interner Osteosynthesen, bei kindlichen Beckenfrakturen, Beckenfrakturen nach Infekt interner Osteosyntheseverfahren und zur Ruhigstellung instabiler transpubischer Frakturen bei starken Schmerzen im Einsatz [47].

Der Fixateur externe war in der vorliegenden Untersuchung der DGU/AO MZ-Studie Becken III die von den meisten Kliniken und Anwendern favorisierte Form der notfallmäßigen Beckenstabilisierung. Insgesamt wurde von 16 der 20 Kliniken bei insgesamt 238 Patienten, immerhin 9,4% der Gesamtzahl der dokumentierten Patienten der Fixateur externe als primäre Stabilisierung angelegt. Da der Fixateur in Konkurrenz zur Beckenzwinge als Notfalltool angesehen werden muss, soll auch ein Vergleich der Ergebnisse, soweit innerhalb der Multizenterstudie dokumentiert, vorgenommen werden. Diese beschränken sich zunächst auf die Aussage der dokumentierenden Kliniken zur Effektivität der Maßnahme, wobei die Kreislaufstabilisierung der dominierende Faktor für die Beurteilung der Effektivität gilt. Der Fixateur externe erreichte in 91% eine positive und in 8% eine unveränderte Effektivität; lediglich ein Patient (<1%) zeigte ein „ineffektives“ Ergebnis nach Fixateuranlage. Dem gegenüber stehen 60% positive und 19% negative Effektivität nach Anlage der Beckenzwinge gegenüber; 21% waren unverändert. Somit muss

zumindest von dieser Seite aus der Fixateur als vorteilhaft gegenüber der Beckenzwinge in der Notfallbehandlung angesehen werden. Objektive Followup-Parameter, die einen direkten Vergleich zwischen Beckenzwinge und Fixateur externe erlauben, fehlen jedoch hierzu. Die Mortalität ist ein weiteres statistisches Kriterium, wobei auf den multifaktoriellen Einfluss auf die Mortalität bereits mehrfach hingewiesen wurde. Nach Fixateur externe-Anlage überlebten 217 Patienten (91%), wobei lediglich 5 Patienten (2%) an den Folgen der Beckenverletzung verstarben. Dies ist wiederum vorteilhaft im Vergleich zur Beckenzwinge anzusehen, nach der lediglich 62% überlebten und 16% nach Zwingenanlage verstarben. Dieser Vergleich ist jedoch ausschließlich empirisch erhoben und daher bewusst ohne statistische Absicherung, so dass ausdrücklich aus den hiesigen Daten kein Beweis für den Nutzen eines Instruments für die Überlebenschancen erbracht wird.

Zusammenfassend ist der Fixateur externe ein weit verbreitetes und erfolgversprechendes Instrument zur Stabilisierung von Beckenfrakturen in der Akutphase, und zeigte in der vorgestellten Analyse Vorteile gegenüber der Beckenzwinge bezüglich Frequenz der Anlage und Therapieerfolg auf.

5.1.3 Beckengürtel und Beckentuch

Neben den unmittelbar den Knochen stabilisierenden Verfahren der Beckenzwinge und des Fixateur externes gibt es mit dem Beckengürtel sowie der Tuchrolle einfache und schnell anzulegende Möglichkeiten der notfallmäßigen Beckenkompression mit dem Ziel, das intrapelvine Beckenvolumen rasch zu reduzieren [129]. Ein Vorteil beider Verfahren ist die Option der Anlage bereits am Unfallort, wobei sowohl das Tuch als auch der Gürtel bis zur Versorgung des Notfallpatienten im OP belassen werden können. Beide Verfahren sind zudem klein, gut zu transportieren, erfordern nur wenig Training und sind sehr schnell im Rettungswagen bzw. am Unfallort einsetzbar [156].

Der Beckengürtel wird um das Becken auf Höhe des Trochanter majors angelegt, wobei über verschiedenartig konfigurierte Zugmechanismen ein gleichmäßiger Zug ohne Faltenbildung des Gürtels erreicht wird [12]. Bei der Anlage werden die

Knie und Hüften angebeugt und innenrotiert, wodurch die Reposition des Beckens erleichtert wird [99]. Die Anlage ist auch bei gleichzeitiger Acetabulumfraktur oder weiterer Verletzungen der unteren Extremität durchführbar, zudem ist auch bei angelegtem Gürtel ggf. eine Laparatomie oder die Anlage eines Fixateur externes möglich [99].

Von der Anwendung über die primäre Stabilisationsphase hinaus wird allgemein abgeraten, da nach länger dauernder Anlage Druckstellen unvermeidbare Folge sind [110]. Untersuchungen haben gezeigt, dass durch den Beckengürtel eine hohe Druckbelastung auf die Haut besteht, die deutlich über der Grenze von 9,3 kPa liegt [73]. Ab diesem Wert über die Dauer von 2 bis 3 Std. kommt es zu Gewebnekrosen der Haut aufgrund der druckbedingten lokalen Hypoxie [62].

Das Beckentuch ist noch preiswerter und daher sehr wirtschaftlich im Gebrauch, so dass es bei starker Verschmutzung zu jeder Zeit durch ein Neues ausgetauscht werden kann. Des weiteren ist es ebenfalls einfach in der Anwendung, da es durch einen, besser zwei Helfer ohne spezielle Schulung angebracht werden kann. Es ist hier auf ein sorgfältiges Anbringen am Patienten zu achten, da die Haut mit starken Druckstellen auf ein „faltiges Anbringen“ des Tuches, vor allem bei sehr dünnen Patienten reagieren kann [129]. Bottlang et al. [13] untersuchten die Wirksamkeit des Beckentuches in Bezug auf äußere Rotationsverletzungen von B- und C-Verletzungen. Der Frakturspalt der Symphyse konnte bei beiden Verletzungstypen deutlich reduziert werden. Bei Patienten mit Frakturen des Beckenrings mit seitlicher Kompression bzw. Frakturen des Sakrums mit Beteiligung der Neuroforamina muss jedoch darauf geachtet werden, dass es durch zu ruckartiges Anbringen des Beckentuches nicht zu Verletzungen der Beckeneingeweide und zu Verletzungen der sakralen Nervenwurzeln kommt [129].

Die Daten der vorliegenden Untersuchung der DGU/AO MZ-Studie Becken III sowohl zum Beckentuch als auch zum Beckengürtel zeigen auf, dass beide Techniken in der Versorgungslandschaft der Beckenfrakturen in Deutschland nur einen sehr geringen Stellenwert haben. Lediglich 3 Kliniken behandelten insgesamt 5 Patienten primär mit dem Beckentuch und 6 Patienten mit dem Beckengürtel. Aussagen über den Therapieerfolg sind aufgrund der kleinen Fallzahlen deskriptiv.

Augenscheinlich war für das Beckentuch im Vergleich zum Fixateur externe und der Beckenzwinge die sehr kurze Zeitdauer vom Eintreffen der Patienten bis zur Anlage, die im Mittel mit 9 Minuten angegeben wurde. Dagegen waren die Anlagedauern der anderen Verfahren mit im Mittel 100 Minuten (Beckengürtel), 93 Minuten (Fixateur externe) bzw. 76 Minuten (Beckenzwinge) deutlich höher.

Zusammenfassend haben Tuchrolle und Beckengürtel in der Notfallversorgung instabiler Beckenfrakturen im Vergleich zur Beckenzwinge und dem Fixateur externe einen Außenseitercharakter. Als Vorteil müssen die schnelle Anlagemöglichkeit (Tuchrolle) und einfache Technik hervorgehoben werden, womit beide Methoden besonders im präklinischen Einsatz durchaus ein Anwendungsspektrum finden.

5.2 Stellenwert der nicht-stabilisierenden Notfallmaßnahmen

5.2.1 Angiographie und Notfallembolisation

In der Regel führen die genannten Maßnahmen zu einer suffizienten Blutstillung und damit Kreislaufstabilisierung des Patienten. Nur 3% bis 5% der kreislaufinstabilen Patienten mit Beckenverletzung bedürfen nach Literaturangaben einer Embolisation und profitieren auch davon [8,40,96]. Auch Agolini et al. [1] berichteten, dass nur ein kleiner Prozentsatz von Patienten mit Beckenfrakturen eine Embolisation benötigten. Moreno et al. [93] wiesen bei 7 Angiographien 3 aktive Blutungsquellen bei 32 Patienten mit positiver Peritoneallavage nach, von denen 2 erfolgreich embolisiert wurden. Hierbei waren je einmal die A. pudenda interna bzw. die A. glutea inferior die Hauptblutungsquelle. Klein et al. [78] führten die Angiographie bei 24 hämodynamisch instabilen Patienten ohne weitere dokumentierte Blutungsquelle durch, wobei die Autoren insgesamt 6 von 8 Blutungsquellen erfolgreich embolisieren konnten. Vorteile der Angiographie sind das Nichteröffnen des Retroperitoneums und das fehlende Operationstrauma. Nachteile sind der hohe Zeit- und Personalaufwand, zudem sind nur die weitaus selteneren arteriellen Blutungsquelle dieser Intervention zugänglich. Nach Siegmeth et al. [31,141] überlebten in deren Krankengut alle 4 embolisierten Patienten die Primärphase, eine Patientin verstarb am 77.Tag im septischen Multiorganversagen. Die hohe

Effektivität der Embolisation wurde in mehreren Untersuchungen bestätigt [58,59,108,156]. Dabei beeinflussen Alter des Patienten, Zeit der Embolisation und Ausmaß der initialen Kreislaufinstabilität die Überlebensrate; z.B. zeigte die 3 Std. nach Unfall durchgeführte Angiographie eine Mortalität von 75% gegenüber 14% bei weniger als 3 Std. nach Unfall [137]. Den Anteil an embolisierbaren, arteriellen Blutungen bei schweren Beckenverletzungen beziffern Seekamp et al. [137] auf lediglich 10% bis 20% der Fälle. Die übrigen 80% der Blutungen sind venöser Genese und durch eine Embolisation nicht beherrschbar bzw. zu beeinflussen [46,52].

Die Embolisation der Blutungsquelle kommt daher nur bei arteriellen Blutungen in Frage, sie ist sehr zeitintensiv und setzt eine große Erfahrung eines interventionellen Radiologen voraus [31,39,53,67,68,93,128,162]. Panetta et al. [104] postulierten eine frühe Embolisation bei eigener Zeitangabe von 1 Std. bis 5,5 Std. (Mittel: 2,5 Std.), konnten aber keine Korrelation der Durchführungszeit mit der Mortalität feststellen. Nach Holting et al. [66] zeigten ca. 50% bei einer Durchführungszeit unter 6 Std. nach Unfall des Patienten keine Vorteile der Embolisation. Euler et al. [38] sind der Auffassung, dass interventionell-radiologische Verfahren, wie z.B. die Embolisation oder die Ballonkatheterokklusion erst Bedeutung in der späteren, postprimären Behandlungsphase und nicht während des Polytraumamanagements erfahren sollten. Andere Autoren hingegen sprechen der Angiographie und Embolisation eine hohe Wertigkeit noch vor der mechanischen Stabilisierung zu [91]. Nach Hagiwara et al. [58] würde die operative Stabilisierung nur eine Verzögerung der effizienten Blutstillung darstellen und stelle des weiteren ein vermeidbares operatives Trauma für den Patienten dar. Bei persistierenden chirurgisch oder durch Tamponade nicht beherrschbaren Blutungen mit starker Kreislaufrelevanz kann in bestimmten Einzelfällen über eine verzögerte Angiographie mit Versuch der Embolisation arterieller Blutungen entschieden werden; jedoch sollte zu diesem Zeitpunkt eine notfallmäßige Stabilisierung des Beckenrings bereits erfolgt sein [137].

In der vorliegenden Untersuchung der DGU/AO MZ-Studie Becken III wurde die Embolisation selten durchgeführt. An 6 Kliniken wurden 12 Patienten embolisiert, wobei bei 11 (91%) Patienten eine Blutungskontrolle erreicht werden konnte. Je-

doch war bereits die Zeit bis zur Durchführung mit im Mittel 167 Minuten sehr lange, was auf den hohen apparativen und anspruchsvollen individuellen Aufwand rückschließen lässt. Es muss angemerkt werden, dass der Trend zur Embolisation innerhalb des laufenden Jahres 2007 voraussichtlich zunimmt, und im Rahmen der definitiven Auswertung der DGU/AO MZ-Studie Becken III wahrscheinlich einen höheren Anteil von Versorgungen einnimmt.

5.2.2 Beckentamponade („Packing“)

Da 80% bis 90% der Blutungen bei schweren Beckenverletzungen venöser Genese sind, stellt das „Packing“ eine chirurgisch-invasive Option zur sicheren Blutungskontrolle dar [70,75,112]. Zunächst erfolgt eine primäre Stabilisierung des Beckenrings mittels Beckenzwinge oder Fixateur externe, um das „Packing“ durchführen zu können [6,26,54]. Im Anschluss daran werden durch chirurgische Standardtechniken die präsakralen und paravesikalen Regionen von posterior nach anterior austamponiert, wofür der Begriff „Packing“ aus dem angloamerikanischen übernommen wurde [37,153].

In einer Studie an 150 Patienten zeigten Cook et al. [24] den Vorteil der raschen mechanischen Stabilisierung und anschließenden chirurgischen Blutstillung bzw. Tamponade. Zu ähnlichen Empfehlungen kamen auch Pohlemann et al. [112] auf Grund einer prospektiven Untersuchung an 19 Patienten, sowie Bosch et al. [11] nach retrospektiver Analyse von 132 Patienten. Die konsequente Anwendung der notfallmäßigen Beckenstabilisierung in Kombination mit der chirurgischen Blutstillung hat zu einer deutlichen Senkung der blutungsbedingten Mortalität beigetragen [137]. Trotz erfolgreichem Packing wurde jedoch auch berichtet, dass in 80% der postoperativ durchgeführten Angiographie arterielle Blutungen nachweisbar waren [151]. Daher wurde von diesen Autoren die routinemäßige Angiographie nach erfolgtem Packing empfohlen.

Nach Seekamp et al. [137] wird in der angloamerikanischen Literatur die Notfall-embolisation favorisiert, während sich im deutschsprachigen Raum die Tamponade durchgesetzt hat. Dies konnte in der vorliegenden Untersuchung der DGU/AO MZ-Studie Becken III bestätigt werden. Im Gegensatz zu 12 embolisierten Patien-

ten wurde die Laparatomie an 17 Kliniken bei insgesamt 61 Patienten durchgeführt, wobei in der Mehrzahl der Operationen (84%) eine Tamponade erfolgte. Das Ergebnis war in der Mehrzahl mit 77% von einer positiven Effektivität, in 11% war der Effekt „ineffektiv“. Auch die Zeitdauer zwischen Einlieferung und Beginn der Laparatomie war mit im Mittel 101 min. geringer als bei der Embolisation.

Zusammenfassend wird die Laparatomie mit Tamponade („Packing“) des kleinen Beckens als Notfallmaßnahme von der Mehrzahl der beteiligten Kliniken favorisiert, und erlaubt ein hohes Maß an Erfolg bezüglich der Kreislaufstabilisierung. Die Embolisation ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch eine kaum genutzte Therapieoption, die sich jedoch durch eine hohe Effektivität auszeichnet. Aufgrund aktueller Beobachtungen ist mit einer Zunahme der Embolisation als Notfallmaßnahme zu rechnen.

5.2.3 Antischock-Hose

Die Antischock-Hose wurde in der vorliegenden Untersuchung der DGU/AO MZ-Studie Becken III nicht dokumentiert, sie soll jedoch der Vollständigkeit halber genannt werden. Vor allem in den USA wird zur schnellen Eindämmung einer beckenbedingten Blutung gerne die sogenannte „MAST“ (engl., medical antishock trouser) angewendet, die durch Kompression und Ruhigstellung des Beckenrings tatsächlich initial zu einer Umverteilung des Blutvolumens und somit zu einer Verbesserung des Blutangebotes für die vitalen Organe führen kann [23,43]. Sie findet vor allem für Transporte aus der Peripherie in größere Zentren Anwendung. Die Antischock-Hose (MAST) ist jedoch schwierig anzulegen, behindert das weitere diagnostische und therapeutische Vorgehen erheblich und begünstigt die Entstehung eines Kompartementsyndroms sowie peripherer Durchblutungsstörungen bis hin zur Amputation vor allem bei längerer Anwendungsdauer [17,43,135]. Nach dem aktuellen Cochrane-systematischen Review zeigte sich für die MAST keinerlei Vorteile in der Senkung der Mortalitätsrate sowie der Dauer des Intensivstations- bzw. Krankenhausaufenthaltes [30].

5.3 Bedeutung vorliegender Begleitverletzungen für die Notfalltherapie

Die Versorgungsstrategie komplexer Beckenfrakturen hängt im besonderen Maß vom Vorliegen und der Ausprägung von Begleitverletzungen ab. Aus diesem Grund sollen an dieser Stelle Begleitverletzungen und davon ggf. abhängige therapeutische Notwendigkeiten und Optionen erläutert werden.

5.3.1 Nervenverletzungen

Die Angaben über beckenbedingte neurologische Schäden sind uneinheitlich in der Literatur und sind vom jeweiligen Patientenkollektiv abhängig. Mit Nervenverletzungen ist bei instabilen Beckenfrakturen und Acetabulumfrakturen in bis zu 50% der Fälle zu rechnen [10,69,89,150]. Eine anatomische Reposition und stabile Fixation des hinteren Beckenrings bildet die Voraussetzung für die Remission. Pohlemann et al. [114] berichteten aus einer Serie von 377 Sakrumfrakturen bei translatorisch instabilen C-Verletzungen über 2,6% neurologische Defizite bei transalaren Frakturen, 42,9% bei transforaminalen Frakturen und 63,6% bei zentralen Sakrumfrakturen. Die Gefahr eines neurologischen Schaden steigt mit der Schwere der Beckenringverletzung bzw. mit dem Vorliegen einer Sakrumfraktur. Verletzungen betreffen häufig den Plexus lumbosakralis, dagegen sind Schädigungen des N. obturatorius seltener. Bei Symphysenverletzungen kann durch die Verletzung der Nn. erigentes eine bleibende Impotenz als Spätfolge verbleiben. Bedeutung erlangen diese Begleitverletzungen, die am häufigsten die Segmente L4 bis S2 betreffen, nicht nur wegen ihrer Häufigkeit, sondern auch aufgrund schlechter funktioneller Ergebnisse [31]. Ursächlich für ihre Entstehung sind der direkte Druck dislozierter Knochenfragmente, die Einklemmung, aber auch die Überdehnung bei großer Gewalteinwirkung auf das Becken [69]. Nervenverletzungen entziehen sich nicht selten der primären Diagnostik, da die Patienten oft intubiert und sediert eingeliefert werden, andere Symptome beim Schwerverletzten im Vordergrund stehen und die Schäden initial oft nur diskret ausgeprägt sind [10,111]. Bei einer Untersuchung von Downs & Dhalla [31] wurden 10 Patienten mit Nervenverletzungen identifiziert. Davon wurden 7 primär intubiert und sediert eingeliefert, bei 3 Patienten wurde die Diagnose einer Nervenverletzung erst im Rahmen der weiteren Versorgung gestellt.

Primär sollte so früh wie möglich eine komplette neurologische Untersuchung bei jedem Patienten mit einer schweren Beckenverletzung, bzw. radiologischen Hinweisen auf eine Nervenverletzung (Sakrumfraktur) durchgeführt werden [31]. Besonders muss hier auf die digitale Untersuchung des Anus hingewiesen werden, da ein Klaffen des Sphinkters bzw. ein Tonusverlust auf eine neurologische Läsion hindeutet. Bei Sakrumfrakturen mit neurologischer Symptomatik und mittels CT nachgewiesenen komprimierenden Knochenfragmenten sollte eine dorsale Dekompression der Nervenwurzeln erfolgen, da bei etwa der Hälfte der Patienten mit Nervenschäden nach Dekompression und offener Stabilisierung eine Rückbildung der neurologischen Ausfälle erwartet werden kann [116]. Die allgemeine Verletzungsschwere verbietet oft einen primären Eingriff von dorsal, so dass wertvolle Zeit vergeht. Für das Endergebnis nach einer Beckenverletzung hat das Vorliegen einer Nervenverletzung insofern Bedeutung, als dass sie immer zu einer deutlichen Verschlechterung des Ergebnisses mit oft erheblicher Einschränkung der Lebensqualität führt [141]. Prognostisch ist anzumerken, dass die Erholungstendenz für die proximalen Muskelgruppen und die tibialen Anteile des N. ischiadicus besser gegenüber den distalen bzw. peronealen Anteilen ist. Nach Tonetti et al. [150] ist die Prognose für Verletzungen des Lumbosakralmarkes und der Nn. glutei relativ schlecht, wohingegen die Prognose von Nervenkontusionen, die aufgrund von Sakrumfrakturen entstehen, besser ist. Bei 21,7% der von Tonetti untersuchten Patienten wurden bleibende Nervenschäden festgestellt, wobei es sich bei den Meisten um Lähmungen des M. extensor hallucis und des M. gluteus medius handelte. Ein Endzustand ist im Allgemeinen nach 2 Jahren erreicht [152].

5.3.2 Verletzungen der ableitenden Harnwege

Verletzungen der ableitenden Harnwege kommen aufgrund der anatomischen Nähe der Urethra zum vorderen Beckenring häufiger bei Männern vor [79,87]. Verletzungen im Bereich der Urethra treten in bis zu 15% bei Beckenfrakturen auf, umgekehrt sind jedoch 50% bis 90% aller Urethraverletzungen mit Beckenbrüchen vergesellschaftet [40,79,87,159]. Leitsymptome von Verletzungen dieser Art sind Skrotal- bzw. Vulvahämatome, Hämaturie, sowie die Unfähigkeit zur spontanen Miktion [141]. Der „Blutstropfen aus der Harnröhre“, der in der Literatur als pathognomonisches Zeichen für eine Verletzung der ableitenden Harnwege bei Be-

ckenfraktur gilt, kann jedoch in der Mehrzahl der Fälle nicht beobachtet werden [27]. Häufiger erfolgt die Diagnosestellung über blutigen Urin nach Katheterisierung bzw. der nicht möglichen Katheterlage, die dann über eine retrograde Urethrographie der Harnröhre bzw. Blase verifiziert wird [154,168]. Liegt eine partielle Verletzung der Urethra vor, so wird diese in den meisten Fällen nach Katheterschienung bei liegendem suprapubischen Katheter ausheilen. Die operative Harnleiternaht ist dagegen seltener erforderlich [94,144,146]. Bei kompletter Harnröhrenzerreißung ist die Versorgung stets an die Stabilisierung des vorderen Beckenrings gebunden, da eine Instabilität des Beckenbodens zu schlechteren urologischen Ausheilungsraten führt [32,160]. Hinsichtlich des Operationszeitpunktes bzw. der Technik konnte Koraitim zeigen, dass die primäre Naht in 56% zur Impotenz und in 21% zur Inkontinenz führt. Die Strikturrate liegt hierbei bei 49%, bei alleiniger suprapubischer Zystotomie ohne sekundäre Naht bei 97%. Die primäre Schienung weist eine Strikturrate von 36% auf [79]. Nach Tscherne & Pohlemann [152] können Strikturen in der Regel endoskopisch mittels interner Urethrotomie eröffnet werden.

Die partielle oder komplette Blasenruptur kommt bei Beckenverletzungen in 10% bis 25% der Fälle vor [10,42,120,159]. Die Mehrzahl der Rupturen der Blase liegt retroperitoneal, wodurch eine Tamponierung und lokale Begrenzung der austretenden Urinflüssigkeit besteht. In diesen Fällen ist in der Regel ein suprapubischer Katheter zur Ableitung ausreichend und es kann dann unter aseptischen Kautelen ein konservatives Ausheilen der Blasenruptur unter regelmäßigen Kontrollen erreicht werden [144]. Dagegen droht bei intraperitonealer Rupturlokalisierung Hyperkaliämie, Hybernatriämie, Urämie, Azidose und Peritonitis, so dass in der Notfalldiagnostik eine rasche Diagnosesicherung der Blasenruptur erforderlich ist [80]. Bei Verdacht auf eine intraperitoneale Ruptur ist daher eine Laparotomie mit Übernahme der Blasenruptur erforderlich, nach der Naht wird der Harn für 2 bis 3 Wochen suprapubisch und über einen Dauerkatheter abgeleitet [9,25]. Bei operativer Versorgung der Blase ist die primäre operative Stabilisierung des vorderen Beckenrings durch eine Plattenosteosynthese erforderlich, um einerseits die Infektionsgefahr zu reduzieren, andererseits ist der operative Zugang zur Versorgung der Blasenverletzung gut zur Stabilisierung des vorderen Beckenrings geeignet [159].

5.3.3 Gefäßverletzung und hämorrhagischer Schock

Im Vordergrund für die Notfallbehandlung der Begleitverletzungen stehen Gefäßverletzungen, die zu erheblichen Blutverlusten und somit rasch in einem hämorrhagischen Schock mit Koagulopathie resultieren können [34,63,78]. Nach Holting et al. [66] sind dies insbesondere Blutungen in das Retroperitoneum, in das bis zu 6 l Blut verloren werden kann. Hier stehen insbesondere der venöse präsakrale und prävesikale Venenplexus im Vordergrund, seltener auch Blutungsquellen aus dem Stromgebiet der A. iliaca interna (A. pudenda und A. obturatoria), sowie die A. iliolumbalis und A. glutea superior [100]. Auch größere Knochenfragmente können bei bestehender Dislokation zu einem nicht unerheblichen Blutverlust führen.

Die Angabe zur Häufigkeit derartiger Blutungen variiert je nach Krankengut zwischen 0,6 und 27% [78,93,100]. Besonders hoch ist das Risiko bei Überrolltraumen und bei offenen Beckenverletzungen [10,60,138,141]. Gerade diese Blutungsquelle erweist sich jedoch in der Auffindung bei versuchter operativer Blutstillung als schwierig, da nur selten eine chirurgische Blutstillung durch Umstechung/Ligatur bzw. Elektrokoagulation möglich ist. In diesen Fällen ist die Tampnade oft einzig chirurgische Notfallmaßnahme [34].

Einen hohen Stellenwert in der Notfallversorgung besitzt die Stabilisation des Beckenrings mit Schluss der Symphysenregion und damit Verkleinerung des intrapelvinen Beckenvolumens. Eine Diastase der Symphyse von 3 cm verdoppelt bereits das intrapelvin fassbare Blutvolumen [90], somit ist dem Schluss der Symphyse bei klaffendem vorderem Beckenring größte Bedeutung zuzuschreiben. Dies kann rasch über die genannten Stabilisationsmöglichkeiten (Fixateur externe, Beckenzwinge) erfolgen [89,116].

Verletzungen im Bereich der großen arteriellen Gefäße machen eine chirurgische oder interventionelle Intervention unabdingbar. Die Techniken, Indikationen und Erfolgsaussichten der Tamponade bzw. der Embolisation wurden in den Kapiteln 5.2.1 und 5.2.2 ausführlich diskutiert.

5.3.4 Intraabdominelle Begleitverletzungen

In der Literatur wird die Häufigkeit intraabdomineller Begleitverletzungen beim Beckentrauma mit 16% bis 55% angegeben [86,118,127,136]. Obligat ist daher bei jedem Beckenverletzten die sofortige abdominelle Ultraschalluntersuchung. Zeigt diese freie intraabdominelle Flüssigkeit und ist der Patient hämodynamisch instabil, muss unverzüglich die Notfall-Laparatomie eingeleitet werden [80,103,123].

Leber- oder Nierenhämatome, unter bestimmten Voraussetzungen auch eine Milzruptur, können beim stabilen Patienten unter engmaschiger Kontrolle konservativ behandelt werden [92]. Nierenverletzungen sind dagegen selten. Hämatome können im Rahmen der routinemäßigen Ultraschalluntersuchung aufgedeckt werden, in über 95% werden diese konservativ behandelt [20]. Perineale Verletzungen mit Läsionen des Anorektum, sowie bei Frauen auch der Vagina, werden zu den Komplexverletzungen des Beckens gezählt. Ihre Häufigkeit wird mit 5% angegeben. Eine Kontamination mit perinealen Keimen ist häufig und führt nach Kudsk et al. [82,88] zu einer Mortalitätsrate von 30% bis 40%. Wunden im Perinealbereich bzw. Blutaustritt aus dem Anus oder den Genitalen weisen auf Verletzungen dieser Art hin. Eine Beckenübersichtsaufnahme zeigt bei einer Rektumverletzung freie Luft an [88]. Als weitere Diagnoseschritte sind eine Rektoskopie oder ein Gastrografen-Einlauf möglich. Eine Kolostomie mit rektalem „Wash-out“ mit eventuellem Nachdébridement senken das Risiko einer pelvinen Sepsis [82,88,152]. Bei Rektumperforation ist die Anlage eines endständigen Kolostomas (Hartmann-Situation) indiziert [152]. Bei vaginalen Blutungen, die unter Umständen durch eine Beckenfraktur bedingt sein können, ist die Durchführung der weiteren Diagnostik (Sonographie, CT, Kolposkopie) und entsprechender sofortiger gynäkologischer Behandlung zwingend erforderlich [109].

5.3.5 Weichteil- und Décollementverletzungen

Die für eine Beckenfraktur benötigte Kraft, häufig im Rahmen eines Hochrasanztraumas, verdeutlicht, dass auch der umgebende Haut-Weichteil-Verband eine erhebliche Schädigung erfährt [14]. Die exakte Einschätzung des geschlossenen Weichteilschadens ist oft schwierig und nicht möglich.

Der Décollementverletzung kommt eine besondere Rolle im Zusammenhang mit Überrolltraumen zu, da diese die sog. Morel-Lavallé-Läsion bewirkt. Hierbei handelt es sich um ein durch Scherkräfte induziertes subkutanes Décollement im Beckenbereich mit massivem Flüssigkeitsverlust in den Subkutanraum [61,119]. Aufgrund der großen Wundfläche geht diese ausgedehnte Weichteilverletzung mit einem hohen Infektionsrisiko einher. Die operative Entlastung mit Drainage sollte hierbei am Ende der Primärbehandlungsphase erfolgen, eine Sanierung des Befundes mit Hämatomausräumung, Weichteildébridement und Drainage durch Vakuumsysteme erfolgt dann innerhalb der Sekundärbehandlungsphase im Zuge weiterer operativer Maßnahmen [122,140].

Als Kontusionsfolgen treten zudem Hämatome und Serome auf, die häufig durch eine ausschließlich konservative Behandlung zur Ausheilung gebracht werden können. Handelt es sich jedoch um ausgedehnte Hämatome mit entsprechend hoher Einblutung in die Muskelfaszienräume des Beckens, kann es auch bei fehlenden knöchernen Verletzungen zu einem Kompartmentsyndrom im Bereich der Beckenmuskulatur und hier insbesondere im Gluteal- oder (seltener) im Psoasbereich kommen. Das Kompartiment kann durch Druck sekundär zu Nervenschädigungen und Muskelnekrosen mit funktionellen Defiziten führen, insofern ist die notfallmäßige operative Entlastung in Verbindung mit anderen operativen Maßnahmen am Becken indiziert [122]. Pohlemann et al. [111,117] berichteten über eine Mortalitätsrate von 25% bei Décollementverletzungen, die neben dem Verbluten auch durch die hohe Sepsisrate bedingt war. Décollementverletzungen können insbesondere in der Akutphase durch unstillbare Blutungen aus den Weichteilen zum Tode führen [141]. Während der Intensivtherapie wirkt der Weichteilschaden als sogenannte „Sepsisquelle“ und verursacht dann das Multiorganversagen. Gezieltes Suchen nach Rektum- und Vaginalverletzungen, großzügige Indikation zur Anlage eines Anus praeter, ausreichendes Débridement bzw. Nachdébridement und das möglichst rasche Erkennen von Kompartimentzeichen minimieren das Risiko dieser Verletzungskombinationen [60,152].

5.4 Schlussfolgerung

In Bezug auf die eingangs gestellten Fragen können folgende Schlußfolgerungen zur Versorgungsstruktur der Beckenfrakturen am Universitätsklinikum Ulm und vorläufig auch der teilnehmenden Kliniken der Multicenter-Studie Becken III der DGU/AO festgehalten werden:

1. Die epidemiologischen Daten der Multizenterstudie Becken III der DGU/AO unterscheiden sich nicht wesentlich von denen, die am Universitätsklinikum Ulm erhoben wurden.
2. Für die Notfallversorgung von Beckenfrakturen geht der Fixateur externe als die von den meisten Anwendern favorisierte Behandlungsmaßnahme hervor. Auch bezüglich des Behandlungserfolges scheint der Fixateur externe gegenüber der Beckenzwinge überlegen zu sein. Der Fixateur externe ist auch am Universitätsklinikum Ulm die bevorzugte Stabilisierungsform.
3. Als weitere Maßnahmen stehen sich die Embolisation und die Laparatomie mit Beckentamponade („Packing“) gegenüber. Hier ist ein deutlicher Trend zugunsten der Laparatomie festzustellen, wobei insbesondere der hohe technische Aufwand und individuelle Anspruch die wesentlichen Faktoren sein dürften. Mit einer Zunahme der Bedeutung der Embolisation ist jedoch aufgrund der guten Ergebnisse in nächster Zeit zu rechnen.
4. Die Letalität beträgt nach den aktuellen Daten der DGU/AO MZ-Studie Becken III nach Beckenfraktur 4,4%. Als prognostischer Faktor wurde die Traumaschwere mit einer signifikanten Erhöhung der PTS- und ISS-Scores identifiziert. Weitere Signifikanzen konnten aufgrund des multifaktoriellen Einflusses auf die Mortalität nicht abgeleitet werden.

6 Zusammenfassung

Beckenfrakturen entstehen häufig durch Hochrasanztraumen im Rahmen von Polytrauma- und Mehrfachverletzungen. Die Versorgung erfolgt in Deutschland aufgrund der Komplexität der anatomischen Beckenverhältnisse und der Trauma-induzierten vitalen Gefährdung des Patienten vorwiegend an Traumazentren mit Erfahrung in der Beckenchirurgie. Größere Fallzahlen sind jedoch auch an großen Zentren nur durch Bündelung der Ergebnisse im Rahmen von Multizenterstudien möglich. Die Arbeitsgruppe „Becken III“ der *Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie* (DGU) und der *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO) sammelt seit 2001 Daten zur Erfassung der Entität der Beckenfrakturen. Das Universitätsklinikum Ulm beteiligte sich mit Falldaten seit 2005 an der Multizenterstudie. Ziel der vorliegenden Arbeit war die Analyse der klinischen Notfallversorgung von Beckenfrakturen basierend auf den Daten der Multizenterstudie einschließlich des Jahrgangs 2006. Diese wurden auch im Hinblick auf die Versorgungsstruktur am Universitätsklinikum Ulm untersucht.

Bei unterschiedlich vielen erfassten Jahrgängen wurden an insgesamt 20 Kliniken 2.540 Patienten mit Beckenfrakturen dokumentiert. Am Universitätsklinikum Ulm wurden zwischen 2005 und 2006 insgesamt 103 Patienten erfasst. In der Gesamtdatenbank betrug das mittlere Alter 53,9 Jahre (Ulm 52,7 Jahre) mit einem Übergewicht männlicher Patienten mit einem Anteil von 54,1% (Ulm 60%). Über die Hälfte der Patienten erlitten Mehrfach- und Polytraumaverletzungen mit einem Anteil von 52,2% (Ulm 57%), wobei bei insgesamt 7,0% (Ulm 13%) der Patienten komplexe lokale Begleitverletzungen bestanden. Nach dem *Polytraumaschlüssel* (PTS) lagen schwere Verletzungen (PTS-Gruppen III und IV) in 19% (Ulm 8%) der Patienten vor, der *Injury Severity Score* (ISS) betrug im Mittel 15,6 (Ulm 13,8). Die beobachteten Frakturtypen waren nach AO A-Frakturen mit 43,1% (Ulm 53%), B-Frakturen mit 34,3% (Ulm 23%) und C-Frakturen mit 22,4% (Ulm 23%).

Die Laparotomie wurde als Notfallmaßnahme bei 61 der dokumentierten 2.540 Patienten durchgeführt, wobei in 84% eine Tamponade erfolgte und der Erfolg mit 77% als „effektiv“ beurteilt wurde. Die angiographische Embolisation als Notfallmaßnahme dagegen erfolgte in der Multizenterstudie bei lediglich 12 Patienten,

davon bei 11 Patienten mit einem „effektiven“ Ergebnis. Am Universitätsklinikum Ulm wurde im beobachteten Zeitraum je ein Patient aufgrund einer instabilen Kreislaufsituation laparotomiert bzw. embolisiert, in beiden Fällen waren die Maßnahmen „effektiv“. Mit einer Zunahme der Bedeutung der Embolisation muss aufgrund der, wenn auch wenigen, positiven Erfahrungen gerechnet werden.

Von allen teilnehmenden Kliniken wurde der Fixateur externe als primär stabilisierende Maßnahme favorisiert. Er wurde bei insgesamt 238 Patienten angelegt, wobei lediglich bei einem Patienten das Ergebnis als „nicht effektiv“ beurteilt wurde. Am Universitätsklinikum Ulm wurde der Fixateur externe bei 6 Patienten angelegt. Die Beckenzwinge dagegen wurde nur an insgesamt 42 der dokumentierten 2.540 Patienten angelegt, in 19% mit einem „ineffektiven“ Ergebnis. Die Tuchrolle und der Beckengürtel waren in der Multizenterstudie mit 6 bzw. 5 Patienten selten angewandte Verfahren, wobei am Universitätsklinikum Ulm 2 Patienten mit einem „effektiven“ Ergebnis vorläufig mit einem Gürtel versorgt worden waren.

Insgesamt verstarben 112 Patienten im Rahmen des Klinikaufenthaltes, davon 27 Patienten an den Folgen der Beckenverletzung. Am Universitätsklinikum Ulm verstarb lediglich ein Patient an den Folgen eines fortgeschrittenen Bronchialkarzinoms. Die verstorbenen Patienten hatten einen signifikant höheren PTS von 43,4 und einen ISS von 34,5.

In der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen der Multizenterstudie der AG Becken III der DGU/AO Daten mit einer großen Fallzahl von 2.540 Patienten bezüglich der Notfallversorgung von Beckenfrakturen analysiert. Anhand der Datenlage wird der Fixateur externe aktuell gegenüber der Beckenzwinge zur Stabilisation bevorzugt und liefert hervorragende Ergebnisse. Die Embolisation hat zum jetzigen Zeitpunkt noch einen untergeordneten Stellenwert, bei instabiler Kreislaufsituation wird aktuell die Laparotomie mit Tamponierung des kleinen Beckens („Packing“) favorisiert. Die übrigen Verfahren (Beckengürtel, Tuchrolle) haben in der Anwendung anhand der Datenlage so gut wie keine Verbreitung.

Literaturverzeichnis

1. Agolini SF, Shah K, Jaffe J, Newcomb J, Rhodes M, Reed JF, III: Arterial embolization is a rapid and effective technique for controlling pelvic fracture hemorrhage. *J Trauma* 43: 395-399 (1997)
2. Archdeacon MT, Hiratzka J: The trochanteric C-clamp for provisional pelvic stability. *J Orthop Trauma* 20: 47-51 (2006)
3. Baker SP: Injuries: the neglected epidemic: Stone lecture, 1985 America Trauma Society Meeting. *J Trauma* 27: 343-348 (1987)
4. Baker SP, O'Neill B: The injury severity score: an update. *J Trauma* 16: 882-885 (1976)
5. Bartlett C, Asprinio D, Louis S, Helfet D: Intrapelvic dislocation of the left hemipelvis as a complication of the pelvic "C" clamp: a case report and review. *J Orthop Trauma* 11: 540-542 (1997)
6. Beard JD, Davidson CM, Scott DJ, Turner AG: Pelvic injuries associated with traumatic abduction of the leg. *Injury* 19: 353-356 (1988)
7. Bellabarba C, Ricci WM, Bolhofner BR: Distraction external fixation in lateral compression pelvic fractures. *J Orthop Trauma* 20: S7-14 (2006)
8. Ben Menachem Y, Coldwell DM, Young JW, Burgess AR: Hemorrhage associated with pelvic fractures: causes, diagnosis, and emergent management. *Am J Roentgenol* 157: 1005-1014 (1991)
9. Bodner DR, Selzman AA, Spirnak JP: Evaluation and treatment of bladder rupture. *Semin Urol* 13: 62-65 (1995)
10. Bosch U, Pohlemann T, Haas N, Tscherne H: Klassifikation und Management des komplexen Beckentraumas. *Unfallchirurg* 95: 189-196 (1992)

11. Bosch U, Pohlemann T, Tscherne H: Strategie bei der Primärversorgung von Beckenverletzungen. *Orthopade* 21: 385-392 (1992)
12. Bottlang M, Krieg JC, Mohr M, Simpson TS, Madey SM: Emergent management of pelvic ring fractures with use of circumferential compression. *J Bone Joint Surg Am* 84-A Suppl 2: 43-47 (2002)
13. Bottlang M, Simpson T, Sigg J, Krieg JC, Madey SM, Long WB: Noninvasive reduction of open-book pelvic fractures by circumferential compression. *J Orthop Trauma* 16: 367-373 (2002)
14. Brenneman FD, Katyal D, Boulanger BR, Tile M, Redelmeier DA: Long-term outcomes in open pelvic fractures. *J Trauma* 42: 773-777 (1997)
15. Brown JJ, Greene FL, McMillin RD: Vascular injuries associated with pelvic fractures. *Am Surg* 50: 150-154 (1984)
16. Bruining HA, Eeftinck SM, De Vries JE, Van Urk H, Obertop H: Clinical experience with the medical anti-shock trousers (MAST) treatment of hemorrhage, especially from compound pelvic fracture. *Neth J Surg* 32: 102-107 (1980)
17. Brunette DD, Fifield G, Ruiz E: Use of pneumatic antishock trousers in the management of pediatric pelvic hemorrhage. *Pediatr Emerg Care* 3: 86-90 (1987)
18. Burgess AR, Eastridge BJ, Young JW, Ellison TS, Ellison PS, Jr., Poka A, Bathon GH, Brumback RJ: Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols. *J Trauma* 30: 848-856 (1990)
19. Burkhardt M, Culemann U, Seekamp A, Pohlemann T: Operative Versorgungsstrategien beim Polytrauma mit Beckenfraktur - eine Literaturübersicht. *Unfallchirurg* 108: 812-820 (2005)

-
20. Carroll PR, Klosterman PW, McAninch JW: Surgical management of renal trauma: analysis of risk factors, technique, and outcome. *J Trauma* 28: 1071-1077 (1988)
 21. Castaman E: External fixation of fractures and fracture dislocations of the pelvis. *Ital J Orthop Traumatol* 15: 315-329 (1989)
 22. Chiu FY, Chuang TY, Lo WH: Treatment of unstable pelvic fractures: use of a transiliac sacral rod for posterior lesions and an external fixator for anterior lesions. *J Trauma* 57: 141-144 (2004)
 23. Clarke G, Mardel S: Use of MAST to control massive bleeding from pelvic injuries. *Injury* 24: 628-629 (1993)
 24. Cook RE, Keating JF, Gillespie I: The role of angiography in the management of haemorrhage from major fractures of the pelvis. *J Bone Joint Surg Br* 84: 178-182 (2002)
 25. Corriere JN, Jr., Sandler CM: Mechanisms of injury, patterns of extravasation and management of extraperitoneal bladder rupture due to blunt trauma. *J Urol* 139: 43-44 (1988)
 26. Cothren CC, Osborn PM, Moore EE, Morgan SJ, Johnson JL, Smith WR: Preperitoneal pelvic packing for hemodynamically unstable pelvic fractures: a paradigm shift. *J Trauma* 62: 834-839 (2007)
 27. Culemann U: (2007 persönliche Mitteilung)
 28. Culemann U, Tosounidis G, Reilmann H, Pohlemann T: Beckenringverletzung. Diagnostik und aktuelle Behandlungsmöglichkeiten. *Unfallchirurg* 107: 1169-1181 (2004)
 29. Davis FE, III: Pelvic fractures at a community hospital. *Am Surg* 52: 548-550 (1986)

-
30. Dickinson K, Roberts I: Medical anti-shock trousers (pneumatic anti-shock garments) for circulatory support in patients with trauma. *Cochrane Database Syst Rev* CD001856 (2000)
 31. Downs AR, Dhalla S: Hemorrhage and pelvic fractures. *Can J Surg* 31: 89-90 (1988)
 32. Dunstan E, Bircher M: Urological pitfalls in unstable pelvic fractures. *Injury* 31: 379-382 (2000)
 33. Duquennoy A, Tillie B, Fontaine C, Gougeon F, Mestdagh H: [Acetabular fractures and sacroiliac dislocations]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 71: 311-318 (1985)
 34. Dyer GS, Vrahas MS: Review of the pathophysiology and acute management of haemorrhage in pelvic fracture. *Injury* 37: 602-613 (2006)
 35. Edeiken-Monroe BS, Browner BD, Jackson H: The role of standard roentgenograms in the evaluation of instability of pelvic ring disruption. *Clin Orthop Relat Res* 63-76 (1989)
 36. Egbers HJ, Draijer F, Havemann D, Zenker W: Stabilisierung des Beckenrings mit Fixateur externe. *Orthopade* 21: 363-372 (1992)
 37. Ertel W, Keel M, Eid K, Platz A, Trentz O: Control of severe hemorrhage using C-clamp and pelvic packing in multiply injured patients with pelvic ring disruption. *J Orthop Trauma* 15: 468-474 (2001)
 38. Euler E, Nast-Kolb D, Schweiberer L: Hüftpfannen- und Beckenfrakturen beim Polytrauma. *Orthopade* 26: 354-359 (1997)
 39. Evers BM, Cryer HM, Miller FB: Pelvic fracture hemorrhage. Priorities in management. *Arch Surg* 124: 422-424 (1989)

-
40. Failing MS, McGarity PL: Unstable fractures of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Am* 74: 781-791 (1992)
 41. Falchi M, Rollandi GA: CT of pelvic fractures. *Eur J Radiol* 50: 96-105 (2004)
 42. Fallon B, Wendt JC, Hawtrey CE: Urological injury and assessment in patients with fractured pelvis. *J Urol* 131: 712-714 (1984)
 43. Frank LR: Is MAST in the past? The pros and cons of MAST usage in the field. *JEMS* 25: 38-5 (2000)
 44. Ganz R, Krushell RJ, Jakob RP, Kuffer J: The antishock pelvic clamp. *Clin Orthop Relat Res* 71-78 (1991)
 45. Gänsslen A: (2007 persönliche Mitteilung)
 46. Gänsslen A, Giannoudis P, Pape HC: Hemorrhage in pelvic fracture: who needs angiography? *Curr Opin Crit Care* 9: 515-523 (2003)
 47. Gänsslen A, Pohlemann T, Krettek C: Der einfache supraacetabuläre Fixateur externe für die Behandlung von Beckenfrakturen. *Oper Orthop Traumatol* 17: 296-312 (2005)
 48. Gänsslen A, Pohlemann T, Paul C, Lobenhoffer P, Tscherne H: Epidemiology of pelvic ring injuries. *Injury* 27 Suppl 1: S-20 (1996)
 49. Giannoudis PV, Grotz MR, Papakostidis C, Dinopoulos H: Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br* 87: 2-9 (2005)
 50. Gilliland MD, Ward RE, Barton RM, Miller PW, Duke JH: Factors affecting mortality in pelvic fractures. *J Trauma* 22: 691-693 (1982)
 51. Goldstein A, Phillips T, Sclafani SJ, Scalea T, Duncan A, Goldstein J, Panetta T, Shaftan G: Early open reduction and internal fixation of the disrupted pelvic ring. *J Trauma* 26: 325-333 (1986)

-
52. Gourlay D, Hoffer E, Routt M, Bulger E: Pelvic angiography for recurrent traumatic pelvic arterial hemorrhage. *J Trauma* 59: 1168-1173 (2005)
 53. Grabenwoger F, Dock W, Ittner G: Perkutane Embolisation von retroperitonealen Blutungen bei Beckenfrakturen. *Röfo* 150: 335-338 (1989)
 54. Grimm MR, Vrahas MS, Thomas KA: Pressure-volume characteristics of the intact and disrupted pelvic retroperitoneum. *J Trauma* 44: 454-459 (1998)
 55. Gustavo PJ, Coimbra R, Rasslan S, Oliveira A, Fregoneze M, Mercadante M: The role of associated injuries on outcome of blunt trauma patients sustaining pelvic fractures. *Injury* 31: 677-682 (2000)
 56. Gwinnutt CL, Driscoll PA: Advanced trauma life support. *Eur J Anaesthesiol* 13: 95-101 (1996)
 57. Gylling SF, Ward RE, Holcroft JW, Bray TJ, Chapman MW: Immediate external fixation of unstable pelvic fractures. *Am J Surg* 150: 721-724 (1985)
 58. Hagiwara A, Minakawa K, Fukushima H, Murata A, Masuda H, Shimazaki S: Predictors of death in patients with life-threatening pelvic hemorrhage after successful transcatheter arterial embolization. *J Trauma* 55: 696-703 (2003)
 59. Hagiwara A, Murata A, Matsuda T, Matsuda H, Shimazaki S: The usefulness of transcatheter arterial embolization for patients with blunt polytrauma showing transient response to fluid resuscitation. *J Trauma* 57: 271-276 (2004)
 60. Hanson PB, Milne JC, Chapman MW: Open fractures of the pelvis. Review of 43 cases. *J Bone Joint Surg Br* 73: 325-329 (1991)
 61. Harma A, Inan M, Ertem K: [The Morel-Lavallée lesion: a conservative approach to closed degloving injuries]. *Acta Orthop Traumatol Turc* 38: 270-273 (2004)

-
62. Hedrick-Thompson JK: A review of pressure reduction device studies. *J Vasc Nurs* 10: 3-5 (1992)
 63. Heetveld MJ, Harris I, Schlaphoff G, Sugrue M: Guidelines for the management of haemodynamically unstable pelvic fracture patients. *ANZ J Surg* 74: 520-529 (2004)
 64. Heini PF, Witt J, Ganz R: The pelvic C-clamp for the emergency treatment of unstable pelvic ring injuries. A report on clinical experience of 30 cases. *Injury* 27 Suppl 1: S-45 (1996)
 65. Hofmann G: Die Behandlung frischer Frakturen und Luxationen am Becken mit dem Fixateur externe. *Z Unfallchir Versicherungsmed Berufskr* 81: 111-119 (1988)
 66. Holting T, Buhr HJ, Richter GM, Roeren T, Friedl W, Herfarth C: Diagnosis and treatment of retroperitoneal hematoma in multiple trauma patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 111: 323-326 (1992)
 67. Holting T, Ruf W, Buhr H, Teller P, Kretzschmar U: Lebensbedrohliche Blutungen bei Beckenfrakturen polytraumatisierter Patienten. *Chirurg* 59: 547-551 (1988)
 68. Hori A, Nagata Y, Hanashiro Y, Ohshiro K, Shimabukuro K, Mearu T, Ie T, Sunagawa K: [Embolization of the lumbar artery for pelvic fracture]. *Rinsho Hoshasen* 34: 1047-1050 (1989)
 69. Huittinen VM: Lumbosacral nerve injury in fracture of the pelvis. A postmortem radiographic and patho-anatomical study. *Acta Chir Scand Suppl* 429: 3-43 (1972)
 70. Huittinen VM, Slatis P: Postmortem angiography and dissection of the hypogastric artery in pelvic fractures. *Surgery* 73: 454-462 (1973)

-
71. Isler B, Ganz R: Classification of pelvic ring injuries. *Injury* 27 Suppl 1: S-12 (1996)
 72. Jeanneret B, Ruffin G: Eine technische Variante des geschlossenen Fixateur externes am Becken. *Z Unfallchir Versicherungsmed Berufskr* 81: 120-125 (1988)
 73. Jowett AJ, Bowyer GW: Pressure characteristics of pelvic binders. *Injury* 38: 118-121 (2007)
 74. Judet R, Judet J, Letournel E: Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction. *J Bone Joint Surg Am* 46: 1615-1646 (1964)
 75. Kadish LJ, Stein JM, Kotler S, Meng CH, Barlow B: Angiographic diagnosis and treatment of bleeding due to pelvic trauma. *J Trauma* 13: 1083-1085 (1973)
 76. Kellam JF: The role of external fixation in pelvic disruptions. *Clin Orthop Relat Res* 66-82 (1989)
 77. Kim WY, Hearn TC, Seleem O, Mahalingam E, Stephen D, Tile M: Effect of pin location on stability of pelvic external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 237-244 (1999)
 78. Klein SR, Saroyan RM, Baumgartner F, Bongard FS: Management strategy of vascular injuries associated with pelvic fractures. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 33: 349-357 (1992)
 79. Koraitim MM: Pelvic fracture urethral injuries: evaluation of various methods of management. *J Urol* 156: 1288-1291 (1996)
 80. Koraitim MM: Pelvic fracture urethral injuries: the unresolved controversy. *J Urol* 161: 1433-1441 (1999)

-
81. Krettek C, Simon RG, Tscherne H: Management priorities in patients with polytrauma. *Langenbecks Arch Surg* 383: 220-227 (1998)
 82. Kudsk KA, McQueen MA, Voeller GR, Fox MA, Mangiante EC, Jr., Fabian TC: Management of complex perineal soft-tissue injuries. *J Trauma* 30: 1155-1159 (1990)
 83. Letournel E: Acetabulum fractures: classification and management. *Clin Orthop Relat Res* 81-106 (1980)
 84. Lindahl J, Hirvensalo E, Bostman O, Santavirta S: Failure of reduction with an external fixator in the management of injuries of the pelvic ring. Long-term evaluation of 110 patients. *J Bone Joint Surg Br* 81: 955-962 (1999)
 85. Lunsjo K, Tadros A, Hauggaard A, Blomgren R, Kopke J, Abu-Zidan FM: Associated injuries and not fracture instability predict mortality in pelvic fractures: a prospective study of 100 patients. *J Trauma* 62: 687-691 (2007)
 86. Mackersie RC, Tiwary AD, Shackford SR, Hoyt DB: Intra-abdominal injury following blunt trauma. Identifying the high-risk patient using objective risk factors. *Arch Surg* 124: 809-813 (1989)
 87. Mark SD, Keane TE, Vandemark RM, Webster GD: Impotence following pelvic fracture urethral injury: incidence, aetiology and management. *Br J Urol* 75: 62-64 (1995)
 88. Maull KI, Sachatello CR, Ernst CB: The deep perineal laceration-an injury frequently associated with open pelvic fractures: a need for aggressive surgical management. A report of 12 cases and review of the literature. *J Trauma* 17: 685-696 (1977)
 89. Mears DC, Fu F: External fixation in pelvic fractures. *Orthop Clin North Am* 11: 465-479 (1980)

-
90. Mears DC, Rubash HE, Sawaguchi T: Fractures of the acetabulum. *Hip* 95-113 (1985)
 91. Miller PR, Moore PS, Mansell E, Meredith JW, Chang MC: External fixation or arteriogram in bleeding pelvic fracture: Initial therapy guided by markers of arterial hemorrhage. *J Trauma* 54: 437-443 (2003)
 92. Moore EE: Edgar J. Poth Lecture. Critical decisions in the management of hepatic trauma. *Am J Surg* 148: 712-716 (1984)
 93. Moreno C, Moore EE, Rosenberger A, Cleveland HC: Hemorrhage associated with major pelvic fracture: a multispecialty challenge. *J Trauma* 26: 987-994 (1986)
 94. Mouraviev VB, Coburn M, Santucci RA: The treatment of posterior urethral disruption associated with pelvic fractures: comparative experience of early realignment versus delayed urethroplasty. *J Urol* 173: 873-876 (2005)
 95. Mucha P, Jr., Farnell MB: Analysis of pelvic fracture management. *J Trauma* 24: 379-386 (1984)
 96. Mucha P, Jr., Welch TJ: Hemorrhage in major pelvic fractures. *Surg Clin North Am* 68: 757-773 (1988)
 97. Müller M: The comprehensive classification of fractures, part 2 - pelvis and acetabulum (CD-ROM). Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo (1996)
 98. Noordeen MH, Taylor BA, Briggs TW, Lavy CB: Pin placement in pelvic external fixation. *Injury* 24: 581-584 (1993)
 99. Nunn T, Cosker TD, Bose D, Pallister I: Immediate application of improvised pelvic binder as first step in extended resuscitation from life-threatening hypovolaemic shock in conscious patients with unstable pelvic injuries. *Injury* 38: 125-128 (2007)

-
100. O'Neill PA, Riina J, Sclafani S, Tornetta P, III: Angiographic findings in pelvic fractures. *Clin Orthop Relat Res* 60-67 (1996)
 101. Oestern HJ: Scoring -- Kriterien der Operabilität. *Zentralbl Chir* 122: 943-953 (1997)
 102. Oestern HJ, Tscherne H, Sturm J, Nerlich M: Klassifizierung der Verletzungsschwere. *Unfallchirurg* 88: 465-472 (1985)
 103. Pajenda GS, Seitz H, Mousavi M, Vécsei V: Intraabdominelle Begleitverletzungen beim Beckentrauma. *Wien Klin Wochenschr* 110: 834-840 (1998)
 104. Panetta T, Sclafani SJ, Goldstein AS, Phillips TF, Shaftan GW: Percutaneous transcatheter embolization for massive bleeding from pelvic fractures. *J Trauma* 25: 1021-1029 (1985)
 105. Pehle B, Nast-Kolb D, Oberbeck R, Waydhas C, Ruchholtz S: Wertigkeit der körperlichen und radiologischen Basisdiagnostik des Beckens in der Schockraumbehandlung. *Unfallchirurg* 106: 642-648 (2003)
 106. Pennal GF, Tile M, Waddell JP, Garside H: Pelvic disruption: assessment and classification. *Clin Orthop Relat Res* 12-21 (1980)
 107. Petrisor BA, Bhandari M, Orr RD, Mandel S, Kwok DC, Schemitsch EH: Improving reliability in the classification of fractures of the acetabulum. *Arch Orthop Trauma Surg* 123: 228-233 (2003)
 108. Pieri S, Agresti P, Morucci M, De' ML, Galluzzo M, Oransky M: [Percutaneous management of hemorrhages in pelvic fractures]. *Radiol Med (Torino)* 107: 241-251 (2004)
 109. Podesta ML, Jordan GH: Pelvic fracture urethral injuries in girls. *J Urol* 165: 1660-1665 (2001)
 110. Pohlemann T: (2007 persönliche Mitteilung)

-
111. Pohlemann T, Bosch U, Gänsslen A, Tscherne H: The Hannover experience in management of pelvic fractures. *Clin Orthop Relat Res* 69-80 (1994)
 112. Pohlemann T, Culemann U, Gänsslen A, Tscherne H: Die schwere Beckenverletzung mit pelviner Massenblutung: Ermittlung der Blutungsschwere und klinische Erfahrung mit der Notfallstabilisierung. *Unfallchirurg* 99: 734-743 (1996)
 113. Pohlemann T, Gänsslen A: Die Operation der Symphysensprengung. *Oper Orthop Traumatol* 11: 149-159 (1999)
 114. Pohlemann T, Gänsslen A, Kiessling B, Bosch U, Haas N, Tscherne H: Indikationsstellung und Osteosynthesetechniken am Beckenring. *Unfallchirurg* 95: 197-209 (1992)
 115. Pohlemann T, Gänsslen A, Stief CH: Complex injuries of the pelvis and acetabulum. *Orthopade* 27: 32-44 (1998)
 116. Pohlemann T, Krettek C, Hoffmann R, Culemann U, Gänsslen A: Biomechanischer Vergleich verschiedener Notfallstabilisierungsmaßnahmen am Beckenring. *Unfallchirurg* 97: 503-510 (1994)
 117. Pohlemann T, Tscherne H, Baumgartel F, Egbers HJ, Euler E, Maurer F, Fell M, Mayr E, Quirini WW, Schlickewei W, Weinberg A: Beckenverletzungen: Epidemiologie, Therapie und Langzeitverlauf. *Unfallchirurg* 99: 160-167 (1996)
 118. Poole GV, Ward EF, Muakkassa FF, Hsu HS, Griswold JA, Rhodes RS: Pelvic fracture from major blunt trauma. Outcome is determined by associated injuries. *Ann Surg* 213: 532-538 (1991)
 119. Powers ML, Hatem SF, Sundaram M: Morel-Lavallée lesion. *Orthopedics* 30: 250, 322-250, 323 (2007)

-
120. Prather GC, Kaiser TF: The bladder in fracture of the bony pelvis; the significance of a "tear drop bladder" as shown by cystogram. *J Urol* 63: 1019-1030 (1950)
 121. Probst C, Probst T, Gänsslen A, Krettek C, Pape HC: Timing and duration of the initial pelvic stabilization after multiple trauma in patients from the German trauma registry: is there an influence on outcome? *J Trauma* 62: 370-377 (2007)
 122. Regel G, Pohlemann T, Tscherne H: Verzögerte Primärversorgung. In: Tscherne H, Regel G (Hrsg) Springer, Berlin, S. 299-334 (1997)
 123. Rieger H, Pennig D, Brug E, Bünthe H, Krings W: Beckenringverletzung und Bauchtrauma. *Unfallchirurg* 94: 110-115 (1991)
 124. Rieger H, Winckler S, Wetterkamp D, Overbeck J: Clinical and biomechanical aspects of external fixation of the pelvis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 11: 322-327 (1996)
 125. Riska EB, von Bonsdorff H, Hakkinen S, Jaroma H, Kiviluoto O, Paavilainen T: External fixation of unstable pelvic fractures. *Int Orthop* 3: 183-188 (1979)
 126. Rommens PM, Hessmann MH: Acetabulumfrakturen. *Unfallchirurg* 102: 591-610 (1999)
 127. Rommens PM, Vanderschot PM, De Boodt P, Broos PL: Surgical management of pelvic ring disruptions. Indications, techniques and functional results. *Unfallchirurg* 95: 455-462 (1992)
 128. Rossvoll I, Finsen V: Mortality after pelvic fractures in the elderly. *J Orthop Trauma* 3: 115-117 (1989)
 129. Routt ML, Jr., Falicov A, Woodhouse E, Schildhauer TA: Circumferential pelvic antishock sheeting: a temporary resuscitation Aid. *J Orthop Trauma* 20: S3-S6 (2006)

-
130. Rupp RE, Ebraheim NA, Jackson WT: Anatomic and radiographic considerations in the placement of anterior pelvic external fixator pins. *Clin Orthop Relat Res* 213-218 (1994)
 131. Sadri H, Nguyen-Tang T, Stern R, Hoffmeyer P, Peter R: Control of severe hemorrhage using C-clamp and arterial embolization in hemodynamically unstable patients with pelvic ring disruption. *Arch Orthop Trauma Surg* 125: 443-447 (2005)
 132. Sagi HC, Ordway NR, DiPasquale T: Biomechanical analysis of fixation for vertically unstable sacroiliac dislocations with iliosacral screws and symphyseal plating. *J Orthop Trauma* 18: 138-143 (2004)
 133. Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K: Rumpfwand und Extremitäten. In: Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K (Hrsg) Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 319-376 (1991)
 134. Schütz M, Stöckle U, Hoffmann R, Südkamp N, Haas N: Clinical experience with two types of pelvic C-clamps for unstable pelvic ring injuries. *Injury* 27 Suppl 1: S-50 (1996)
 135. Schwab CW, Gore D: MAST: medical antishock trousers. *Surg Annu* 15: 41-59 (1983)
 136. Schwemmler K, Schultheis KH: Abdominelle Begleitverletzungen der Beckenfrakturen. *Unfallchirurgie* 11: 7-11 (1985)
 137. Seekamp A, Burkhardt M, Pohlemann T: Schockraummanagement bei Verletzungen des Beckens. *Unfallchirurg* 107: 903-910 (2004)
 138. Semba RT, Yasukawa K, Gustilo RB: Critical analysis of results of 53 Malgaigne fractures of the pelvis. *J Trauma* 23: 535-537 (1983)

-
139. Shaw JA, Mino DE, Werner FW, Murray DG: Posterior stabilization of pelvic fractures by use of threaded compression rods. Case reports and mechanical testing. *Clin Orthop Relat Res* 240-254 (1985)
 140. Siegel JH, Rivkind AI, Dalal S, Goodarzi S: Early physiologic predictors of injury severity and death in blunt multiple trauma. *Arch Surg* 125: 498-508 (1990)
 141. Siegmeth A, Mullner T, Kukla C, Vécsei V: Begleitverletzungen beim schweren Beckentrauma. *Unfallchirurg* 103: 572-581 (2000)
 142. Simonian PT, Routt ML, Jr., Harrington RM, Tencer AF: The unstable iliac fracture: a biomechanical evaluation of internal fixation. *Injury* 28: 469-475 (1997)
 143. Slatis P, Karaharju EO: External fixation of unstable pelvic fractures: experiences in 22 patients treated with a trapezoid compression frame. *Clin Orthop Relat Res* 73-80 (1980)
 144. Spirnak JP: Pelvic fracture and injury to the lower urinary tract. *Surg Clin North Am* 68: 1057-1069 (1988)
 145. Stöckle U: Schräg dorsaler Beckenfixateur - Ein neues Konzept zur Beckenstabilisierung. *Med Habilitationsschrift, Humboldt-Universität Berlin* (2001)
 146. Taffet R: Management of pelvic fractures with concomitant urologic injuries. *Orthop Clin North Am* 28: 389-396 (1997)
 147. Tiemann AH, Schmidt C, Gonschorek O, Josten C: Notfallbehandlung instabiler Beckenfrakturen -- Stellenwert der "Beckenzwinge". *Zentralbl Chir* 129: 245-251 (2004)
 148. Tile M: Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg Br* 70: 1-12 (1988)

-
149. Tile M: Acute Pelvic Fractures: I. Causation and Classification. *J Am Acad Orthop Surg* 4: 143-151 (1996)
 150. Tonetti J, Cazal C, Eid A, Badulescu A, Martinez T, Vouaillat H, Merloz P: [Neurological damage in pelvic injuries: a continuous prospective. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 90: 122-131 (2004)
 151. Tötterman A, Madsen JE, Skaga NO, Roise O: Extraperitoneal pelvic packing: a salvage procedure to control massive traumatic pelvic hemorrhage. *J Trauma* 62: 843-852 (2007)
 152. Tscherne H, Pohlemann T: *Becken und Acetabulum*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo, S. 1-498 (1998)
 153. Tscherne H, Pohlemann T, Gänsslen A, Hübner T, Pape HC: Crush injuries of the pelvis. *Eur J Surg* 166: 276-282 (2000)
 154. Uehara DT, Eisner RF: Indications for retrograde cystourethrography in trauma. *Ann Emerg Med* 15: 270-272 (1986)
 155. van Olden GD, Meeuwis JD, Bolhuis HW, Boxma H, Goris RJ: Advanced trauma life support study: quality of diagnostic and therapeutic procedures. *J Trauma* 57: 381-384 (2004)
 156. Vermeulen B, Peter R, Hoffmeyer P, Unger PF: Prehospital stabilization of pelvic dislocations: a new strap belt to provide temporary hemodynamic stabilization. *Swiss Surg* 5: 43-46 (1999)
 157. Vécsei V, Kuderna H: Therapie und Ergebnisse bei Beckenfrakturen unter Verwendung des Fixateur externe. *Hefte Unfallheilkd* 129-142 (1979)
 158. Ward LD, Morandi MM, Pearse M, Randelli P, Landi S: The immediate treatment of pelvic ring disruption with the pelvic stabilizer. *Bull Hosp Jt Dis* 56: 104-106 (1997)

-
159. Watnik NF, Coburn M, Goldberger M: Urologic injuries in pelvic ring disruptions. *Clin Orthop Relat Res* 37-45 (1996)
 160. Werkman HA, Jansen C, Klein JP, Ten Duis HJ: Urinary tract injuries in multiply-injured patients: a rational guideline for the initial assessment. *Injury* 22: 471-474 (1991)
 161. Wild JJ, Hanson GW, Tullos HS: Unstable fractures of the pelvis treated by external fixation. *J Bone Joint Surg Am* 64: 1010-1020 (1982)
 162. Wild M, Weigand H, Steingasser C, Wenda K: Notfall-Embolisation bei schwerer Blutung nach traumatischer Symphysensprengung. *Zentralbl Chir* 130: 170-173 (2005)
 163. Wirbel R, Mutschler W: Verletzungen des Beckens. In: Mutschler W, Haas NP (Hrsg) Thieme, Stuttgart New York, S. 352-383 (2004)
 164. Witschger P, Heini P, Ganz R: Beckenzwinge zur Schockbekämpfung bei hinterer Beckenringverletzung: Applikation, biomechanische Aspekte und erste klinische Resultate. *Orthopade* 21: 393-399 (1992)
 165. Worlock P: Der Patient und die Verletzung. In: Rüedi TP, Murphy WM (Hrsg) Thieme, Stuttgart New York, S. 78-91 (2003)
 166. Yinger K, Scalise J, Olson SA, Bay BK, Finkemeier CG: Biomechanical comparison of posterior pelvic ring fixation. *J Orthop Trauma* 17: 481-487 (2003)
 167. Young JW, Burgess AR, Brumback RJ, Poka A: Pelvic fractures: value of plain radiography in early assessment and management. *Radiology* 160: 445-451 (1986)
 168. Ziran BH, Chamberlin E, Shuler FD, Shah M: Delays and difficulties in the diagnosis of lower urologic injuries in the context of pelvic fractures. *J Trauma* 58: 533-537 (2005)

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Florian Gebhard, Ordinarius für Unfall-, Hand- Plastische und Wiederherstellungschirurgie in Ulm, für die Überlassung des Themas und Unterstützung meiner Dissertation.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer Dr. Gert Krischak für die Hilfestellung und Mühen in jeder Phase dieser Arbeit bedanken. Seinem Einsatz bei der praktischen und technischen Durchführung, der Auswertung und grafischen Darstellung, aber auch bei der theoretischen Arbeit und der Auseinandersetzung mit der Literatur verdanke ich diese Promotion. Ganz besonders schätze ich, dass ich zu jeder Zeit Gelegenheit und Möglichkeit bekam, bei Fragen und Schwierigkeiten sofortige wertvolle Unterstützung zu bekommen, die letztendlich das Gelingen dieser Arbeit erst ermöglicht hat. Dafür nochmal ganz herzlichen Dank!

Ebenfalls danke ich den Mitglieder der Arbeitsgruppe Becken, allen voran Prof. Dr. Tim Pohlemann und Dr. Ulf Culemann für die Herausgabe der Daten, wodurch diese Arbeit überhaupt erst möglich gemacht wurde. Ganz herzlichen Dank möchte ich auch für die persönlichen Mitteilungen und Ratschläge aussprechen.

Lebenslauf Stefanie Schilf

Persönliche Angaben

- Familienstand: ledig
- Staatsangehörigkeit: deutsch
- Geburtsdatum: 14. Nov. 1977
- Geburtsort: Sonthofen/Allgäu
- Vater: Johannes Schilf, Masseur
- Mutter: Ilse Schilf , geb. Miller, Med.-Techn. Assistentin

Schulbildung

1984 – 1988 Grundschule Mitte Altstädten
1988 – 1997 Gymnasium Sonthofen

- Abitur am 27. Juni 1997

Berufspraktikum

1. Juli 1997 – 31. Okt 1998

Berufspraktikum Physiotherapiepraxis Kurmittelhaus Schilf
Hindelang

Berufsausbildung

1. Nov. 1998 – 31. Okt. 2001

Ausbildung zur Physiotherapeutin UlmKolleg Ulm

Berufstätigkeit

Physiotherapeutin

- Nov. 2001 – 31. Mai 2002
Abt. Physiotherapie (Chirurgie) , Universitätsklinikum Ulm
- Jun. 2002 – 31. Sept. 2002
Abt. Physiotherapie (Orthopädie), Rehabilitationskran-
kenhaus Ulm

Studium der Medizin

15. Okt. 2002 – heute Universität Ulm

- Ärztliche Vorprüfung 30. Aug. 2004