

**Diplomarbeit**

**Notfallmanagement von hämodynamisch instabilen  
Beckenringverletzungen  
Review aktueller Literatur**

eingereicht von

**Johannes Helmut Veit**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Klinische Abteilung für Herzchirurgie**

**und**

**Universitätsklinik für Unfallchirurgie**

unter der Anleitung von

**Ao.Univ.-Prof. Dr.med.univ. Andrae Wasler**

**&**

**Dr. med. univ. Paul Puchwein**

*Eidesstattliche Erklärung*

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

*Graz, am 11.08.2014*

*Johannes H. Veit*

*Es wird vom Autor darauf hingewiesen, dass aus Gründen der besseren Lesbarkeit in dieser Arbeit nur das Maskulinum verwendet wird. Selbstverständlich sind jedoch, sofern nicht explizit gesondert angegeben, immer beide Geschlechter gemeint.*

## Danksagungen

Es ist mir ein großes Anliegen gleich zu Beginn meinen Dank an meine Familie auszusprechen. Denn erst durch die guten Ratschläge, die aufbauenden Worte, der Beistand in schwierigen Zeiten und die finanzielle Unterstützung haben es möglich gemacht, mir meinen Traum zu erfüllen und das zu studieren, an dem ich Freude habe.

Bei meiner Schwester möchte ich mich besonders bedanken, da sie mir gezeigt hat was es heißt „richtig“ zu lernen und das war für den Erfolg in meinem Studium essentiell. Ihnen allen möchte ich diese Diplomarbeit widmen.

Auch bei allen meinen Freunden möchte ich auf diesen Weg dafür bedanken, dass sie meine Freunde sind und für mich da waren, wenn ich sie gebraucht habe.

Für die Anleitung, Betreuung und Korrektur dieser Arbeit möchte ich mich bei Herrn Dr. med. univ. Paul Puchwein, Herrn Universitätsprofessor Dr. Andrae Wasler und Herrn Universitätsprofessor Dr. Berthold Petutschnigg sehr herzlich bedanken.

Weiters gilt mein Dank auch Herrn Dr. Mark Passl für die unterstützende Mitarbeit und die Bereitstellung von Literatur.

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Die hämodynamisch instabile Beckenringverletzung stellt für jeden Notarzt und Unfallchirurgen eine große Herausforderung dar. Sie ist in ihrer Diagnostik und Behandlung nicht zu unterschätzen. In dieser Arbeit wird auf die anatomischen und mechanischen Grundlagen des Beckens eingegangen, in weiterer Folge werden Klassifikationen, Empfehlungen, Alternativen zur Diagnostik und Akutbehandlung beschrieben. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Erstellung einer Zusammenfassung der bestehenden Literatur, welche sich mit den Bereichen „präklinisches Management“, „Schockraummanagement“ und „damage control surgery“ beschäftigt.

**Methodik:** Es wurde eine ausführliche Literatursuche in Büchern, Magazinen und Journals durchgeführt. Aus dem erarbeiteten Wissen wurde diese Arbeit erstellt. Die Stichwörter, die für die Suche verwendet wurden, folgen unten.

**Ergebnis:** Als Ergebnis dieser Arbeit zeigen sich Empfehlungen aus aktuellen Richtlinien zur Versorgung von hämodynamisch instabilen Beckenringtraumen. Die Beckenchirurgie durchlebt momentan einen Wandel von der operativen zur interventionellen Therapie. Maßgeblich ist der Versuch die Mortalität durch rasches und richtiges Agieren zu senken.

**Conclusio:** Aufgrund der massiven Gewalteinwirkung und der oft gravierenden Begleitverletzungen zeigt das komplexe Beckentrauma eine hohe Letalität. Alle aktuellen Therapieoptionen haben sowohl Vorteile, als auch Nachteile. Die Art der Therapie ist situations- und gegebenheitsabhängig, da oft nicht alle Möglichkeiten der Versorgung in einem Krankenhaus zur Verfügung stehen. Man sollte sich je nach Gegebenheiten für eine Therapiemaßnahme entscheiden oder den Patienten, sofern es die Kreislaufsituation zulässt, an ein Schwerpunktzentrum zu transferieren.

## Abstract

**Background:** An injury of the pelvic ring that is haemodynamic instable poses a veritable challenge to any emergency physician and casualty surgeon and must not be underestimated in diagnosis and treatment. This paper discusses the anatomical and mechanical principals of the pelvis and describes classifications, recommendations, alternatives in diagnosis and acute treatment. The focus rests on drawing up a summary of the established literature which deals with the areas of „pre-clinic management“, „trauma room management“ and „damage control surgery“.

**Method:** The author conducted extensive research in books, magazines and journals. The aquired knowledge served as the basis for the present paper. Research keywords are listet below.

**Results:** The result of this paper is a catalogue of recommendations taken from contemporary guidelines on the treatment of haemodynamic instable injuries of the pelvic ring. Pelvic surgery is currently changing from a surgical to an interventional approach to therapy.

The essential goal is to reduce mortality rates by acting quickly and correctly.

**Conclusion:** The severe trauma and often serious accompanying injuries of a complex trauma of the pelvis lead to a high mortality rate. All current options for therapy have advantages, as well as disadvantages. Which therapy to choose depends on the situation at hand, as many clinics can not provide all options for treatment. The medical staff has to choose a form of therapy suitable to the circumstances or – if the patient’s circulatory condition is stable enough – move the patient to a more specialized facility.



# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	i
Danksagungen	iii
Zusammenfassung	iv
Abstract	v
Inhaltsverzeichnis	vii
Abkürzungen	ix
Abbildungsverzeichnis	x
Tabellenverzeichnis	xi
1 Einleitung	1
1.1 Anatomie des Beckens:	1
1.1.1 Knochen und Gelenke:	1
1.1.2 Geschlechtsunterschiede:	3
1.1.3 Muskuläre und bindegewebige Strukturen:	3
1.1.4 Topographie des Beckens:	4
1.2 Mechanik des Beckens:	7
1.3 Epidemiologie des Beckentraumas:	8
1.4 Klassifikation und Begriffserklärung:	10
1.4.1 Klassifikation nach Tile:	10
1.4.2 Klassifikation nach Buchholz:	11
1.4.3 OTA/AO-Klassifizierung:	12
1.4.4 Offene/komplexe Beckenringfrakturen:	13
1.4.5 Transsakrale Frakturen nach Denis:	14
1.4.6 Begleitverletzungen am Beckenring:	14
1.4.7 Das Polytrauma:	14
1.4.8 Injury Severity Score (ISS):	15
1.4.9 Revised Trauma Score (RTS):	16
1.4.10 Revised Injury Severity Classification (RISC):	17
1.5 Begleitverletzungen:	18
1.6 Diagnostik:	21
1.6.1 Präklinische Diagnostik und Schockraumdiagnostik:	21
1.6.2 Bildgebende Diagnostik:	23
1.7 Präklinische Versorgung:	24
1.8 Präklinische Beckenstabilisierung:	26

1.9	Schockraummanagement / Klinische Notfallversorgung: .....	26
1.9.1	Erstbeurteilung (primary survey): .....	27
1.9.2	Sekundärbeurteilung (secondary survey): .....	28
1.9.3	Prioritäteneinschätzung der Begleitverletzungen: .....	29
1.10	Algorithmus der pelvinen Massenblutung: .....	30
1.11	Notfalltherapie der Beckenringfraktur bei Kreislaufinstabilität: .....	32
1.11.1	Externe Fixation: .....	33
1.11.2	Pelvine, extraperitoneale Tamponade: .....	33
1.11.3	Interventionelle Notfallembolisation von Beckenarterien: .....	34
1.12	Definitivbehandlung:.....	35
1.12.1	Konservatives Vorgehen: .....	35
1.12.2	Operatives Vorgehen .....	36
1.12.3	Lumbopelvine Abstützung: .....	37
1.12.4	Traumatische Hemipelvektomie:.....	37
1.12.5	Versorgung der „Morel-Lavallé-Verletzung“: .....	38
1.13	Thrombembolische Komplikation: .....	38
2	Material und Methoden .....	41
3	Ergebnisse.....	42
3.1	präklinisches Management: .....	42
3.2	Schockraummanagement: .....	43
3.3	operative Versorgung:.....	43
3.4	Gerinnungsmanagement: .....	44
4	Diskussion .....	45
4.1	präklinisches Management: .....	45
4.2	Schockraummanagement: .....	46
4.3	operative Versorgung:.....	49
4.4	Gerinnungsmanagement: .....	50
5	Zusammenfassung .....	53
6	Literaturverzeichnis .....	54

## Abkürzungen

A.	Arteria (Pl. Aa ... Arteriae)
AIS	Abbreviated Injury Scale
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	anterior-posterior
ASH	Antischockhose
ATLS	Advanced-Trauma-Life-Support
BE	Base Excess
BWS	Brustwirbelsäule
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
GCS	Glasgow Coma Scale
Hb	Hämoglobin
Hkt	Hämatokrit
HWS	Halswirbelsäule
ISS	Injury Severity Score
KED	Kendrick Extrication Device
Lig.	Ligamentum (Pl. Ligg ... Ligamenta)
LWK	Lendenwirbelkörper
LWS	Lendenwirbelsäule
MAST	Military Antishock Trousers
M.	Musculus (Pl. Mm ... Musculi)
MSCT	Multislice-Computertomographie
N.	Nervus (Pl. Nn ... Nervi)
NISS	New Injury Severity Score
OTA	Orthopedic Trauma Association
PASG	Pneumatic Antishock Garments
PHTLS	Prehospital-Trauma-Life-Support
RISC	Revised Injury Severity Classification
RTS	Revised Trauma Score
SHT	Schädelhirntrauma
TAE	Transarterielle Katheterembolisation
TRISS	Trauma and Injury Severity Score
SI-Gelenk	Sacroiliacal-Gelenk
V.	Vena (Pl. Vv ... Venae)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: schematische Darstellung des knöchernen Beckens von kranial.....	2
Abbildung 2: Mediansagittalschnitt durch ein männliches Becken .....	6
Abbildung 3: Typ A-Frakturen (Ficklscherer. Orthopädie und Traumatologie, Urban & Fischer).....	10
Abbildung 4: Typ B-Frakturen (Ficklscherer. Orthopädie und Traumatologie, Urban & Fischer).....	10
Abbildung 5: Typ C-Frakturen (Ficklscherer. Orthopädie und Traumatologie, Urban & Fischer).....	11
Abbildung 6: Schockraumalgorithmus nach Seekamp (41).....	31

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 Definition der Verletzungsbilder am Becken nach (Pohlemann und Tscherne, 1996).....	9
Tabelle 2: Abbreviated Injury Score (AIS) nach Copes et. al. (1989) .....	16
Tabelle 3: Revised Trauma Score (RTS) nach Copes et. al. (1989).....	17
Tabelle 4: Begleitverletzungen bei Beckentrauma, modifiziert nach (Rieger, 1996) .....	19

# 1 Einleitung

## 1.1 Anatomie des Beckens:

### 1.1.1 Knochen und Gelenke:

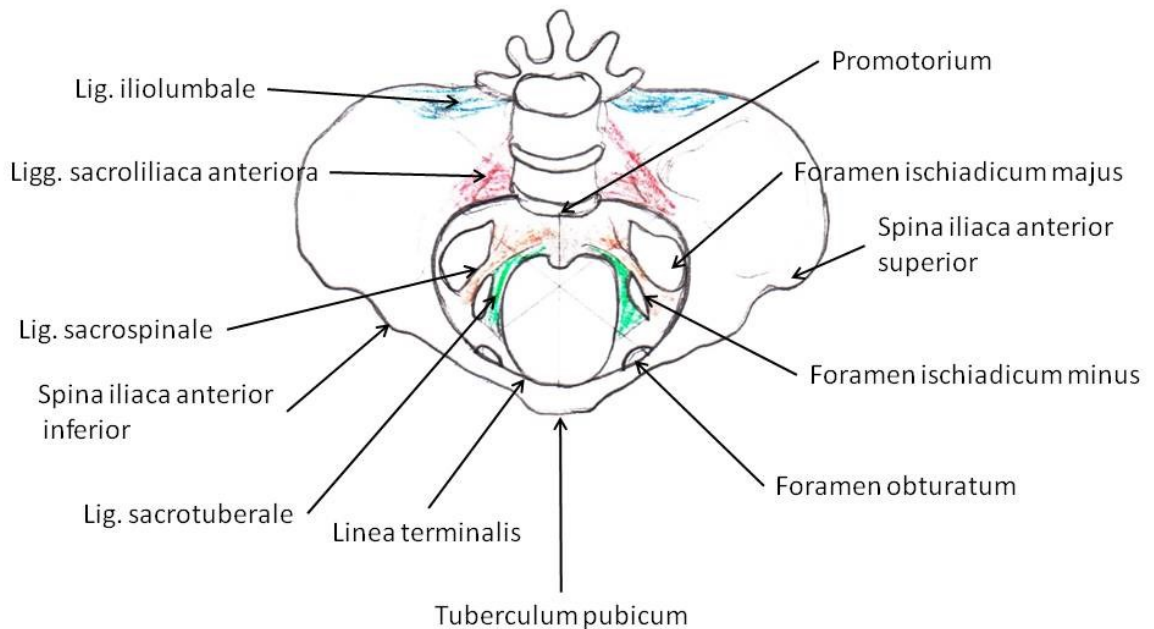
*„Das Becken ist eine Ringkonstruktion, die einerseits den unteren Abschluss des Rumpfes bildet und andererseits das Gewicht des Oberkörpers auf die freie untere Gliedmaße überträgt. Die knöcherne Grundlage bilden der aus den beiden Hüftbeinen bestehende Beckengürtel, Cingulum membri inferioris (Cingulum pelvicum), und das zwischen beiden Hüftbeinen eingekeilte Os sacrum...“ (1)*

Wenn man von dorsal an den Beckenring herantritt, zeigt sich eine aus mehreren Bandstrukturen bestehende Verbindung der beiden Ossa coxae und dem Os sacrum. Die Gelenksflächen der **Articulationes sacroiliacae** sind mit hyalinem Knorpel überzogen und werden durch eine straffe Gelenkkapsel und die Ligamenta sacroiliaca unterstützt.

Der größte Teil der Stabilität wird von den folgenden Bändern getragen:

- **Ligamenta sacroiliaca anteriora:** bilden sich aus einem oberen und unteren Anteil zu einem schwachen Faserzug an der Beckeninnenseite.
- **Ligamenta sacroiliaca posteriora:** bilden kräftige Faserzüge, die kurz, lang und schräg über das Os sacrum verlaufen, so das Os sacrum am Os ilium fixieren und zusätzlich die einwirkende Druckbelastung abschwächen und verteilen.
- **Ligamenta sacroiliaca interossea:** sind starke Züge die zwischen der Tuberositas ossis sacri und der Tuberositas iliaca liegen.
- **Ligamentum iliolumbale:** verbindet den Processus costalis von LWK 4 und 5 mit der Crista iliaca und der Tuberositas iliaca.
- **Ligamentum sacrotuberale:** entspringt fächerförmig an den Seiten des Steiß- und Kreuzbeines. Einige Fasern reichen bis zur Spina iliaca posterior und der Crista iliaca. Der kleine sichelförmige Processus falciformis zieht an die Innenseite des Ramus ossis ischii und setzt an der Innenseite des Tuber ischiadicum an.
- **Ligamentum sacrospinale:** teilt sich den Ursprung mit dem zuletzt genannten Ligamentum sacrotuberale, zieht unter diesem zur Spina

ischiadica, und gemeinsam bilden sie die Incisura ischiadica major et minor, die Begrenzung der Foramina ischiadica majus et minus.



**Abbildung 1: schematische Darstellung des knöchernen Beckens von kranial**

Ebenfalls dorsal findet sich die **Membrana obturatoria**, eine flächige Syndesmose, deren Befestigung an den Rändern des Foramen obturatum liegt und den Musculi obturatorii als zusätzliche Ursprungsfläche dient. So bildet die Membran auch den bindegewebigen Anteil des Canalis obturatorius.

Ventral bilden die beiden einander zugewandten Facies symphysiales der Schambeine mit dem Discus interpubicus, einer faserknorpeligen Scheibe und den Ligamenta pubica superiores et inferiores die **Schambeinfuge (Symphysis pubica)**. (2)

Die **Articulatio coxae** (coxofemoralis), ein Kugelgelenk, im speziellen ein Nussgelenk mit 3 Hauptbewegungsachsen, gehört per se nicht zum Becken, stellt aber die Verbindung zur unteren Extremität dar.

Die Gelenksflächen bestehen aus dem Caput femoris und dem Acetabulum mit der C-förmigen Facies lunata. Die Gelenkskapsel ist durch 3 Bänder (Lig.

iliofemorale, Lig. pubofemorale und Lig. ischiofemorale) verstärkt, welche auch den „amuskulären Stand“ im Hüftgelenk ermöglichen.

Die **Grenzlinie (Linea terminalis)**, welche vom Promontorium ossis sacri über die Linea arcuata, die Eminentia iliopubica, den Pecten ossis pubis bis zum Oberrand der Symphyse und auf der Gegenseite zurück zieht, trennt das große Becken (**Pelvis major**), das von den Darmbeinschaukeln nach lateral begrenzt wird, vom kleinen Becken (**Pelvis minor**), das kaudal davon liegt. (3)

### **1.1.2 Geschlechtsunterschiede:**

Bereits im 6. Monat der Embryonalentwicklung zeigt sich eine geschlechtsspezifische Reifung des Beckens. Diese wird aber erst in der Pubertät vollständig ausgeprägt. Das neugeborene Mädchen hat ein breiteres und niedrigeres Becken. Der Schambeinwinkel ist größer als beim Jungen und weist einen breiteren queren als sagittalen Durchmesser auf.

Bei der erwachsenen Frau sieht man ein breiteres, niedrigeres und geräumigeres Becken als beim Mann, das Kreuzbein ist breiter und die Sitzbeinknollen liegen weiter auseinander.(4)

### **1.1.3 Muskuläre und bindegewebige Strukturen:**

Das knöcherne Becken ist von Muskeln bedeckt, welche die drei Kanäle für Rektum, Vagina und Urethra ausbilden. Die Musculi piriformes und obturatorii interni erzeugen durch ihren Verlauf aus dem kleinen Becken zur unteren Extremität vier Durchtrittspunkte für Gefäße und Nerven.

- Foramina supra- und infrapiriformis in die Regio glutea
- Foramen ischiadicum minus in die Regio perinealis
- Canalis obturatorius zum medialen Oberschenkel

*„Den Abschluss der Beckenhöhle bilden quer gestreifte, willkürlich innervierte Muskeln, die als Beckenbodenmuskulatur bezeichnet werden. Diese Muskeln sind um die durch den Beckenausgang ziehenden Eingeweide gruppiert und bestehen aus 2 platten, sich zum Teil überdeckenden Muskeln, dem Diaphragma pelvis und dem Diaphragma urogenitale.*

*Durch das Diaphragma pelvis zieht der Mastdarm, Rectum, und durch das Diaphragma urogenitale beim Mann die Harnröhre, Urethra, und bei der Frau*

*Harnröhre und Scheide, Vagina. Die Funktion dieser Muskeln ist das Halten der Beckenorgane und der willkürliche Verschluss der Urethra und des Rectum...“ (5)*

Das **Diaphragma pelvis** wird gebildet aus:

- Musculus levator ani: gleicht einem nach caudal gerichteten Trichter, der an der ventralen Seite eine Öffnung besitzt, den Hiatus urogenitalis, der wiederum durch das Diaphragma urogenitale verschlossen wird.
- Musculus coccygeus
- Musculus sphincter ani externus: verschließt willkürlich das Rectum und wirkt dem durch die Peristaltik der Dickdarmwand einsetzenden Stuhldrang entgegen.

Im **Diaphragma urogenitale** liegen die Muskeln im Spatium perinei superficiale und im Spatium perinei profundum. Sie verschließen das Levatorforamen, eine dreieckige Öffnung, welche durch die beiden Levatorschenkel des Musculus levator ani und der Symphysis pubica begrenzt werden.

Das **Spatium extraperitoneale** ist ein außerhalb des Bauchfells gelegener Raum, der durch Faszien in den Saccus subcutaneus perinei, Compartmentum superficiale perinei (Spatium perinei superficiale) getrennt wird. In diesem Raum liegen die Musculi transversus perinei superficialis, ischiocavernosus et bulbospongiosus, welche von der Fascia perinei superficialis und der Fascia diaphragmatis urogenitalis inferior umfasst werden.

Im weiblichen Becken liegen im Saccus subcutaneus perinei die Crura clitoridis und der Bulbus vestibuli, beim Mann die Crura penis und der Bulbus penis.(6,7)

*„Klinischer Exkurs: Reißt bei Beckenbrüchen die Harnröhre ein, so ergießen sich Harn und Blut in das Compartmentum superficiale perinei. Da eine Ausbreitung nach hinten zur Fossa ischioanal und seitlich zum Oberschenkel unmöglich ist, bahnen sich Ergüsse einen Weg zum Penis, zum Scrotum und zur vorderen Bauchwand...“ (8)*

#### **1.1.4 Topographie des Beckens:**

Der Großteil der Darmschlingen, welche sich in das kleine Becken erstrecken, gehören zu den Dünndarmschlingen und dem Colon sigmoideum. Ab einem gewissen Füllungspegel steigen dieselben jedoch zurück hinauf in ihre

ursprüngliche Position. Aufgrund ihrer Befestigung am Gekröse sind diese Organe zu den Bauchorganen zu zählen.

Organe wie das Rektum, die Harnblase, die Samenblasen, die Prostata beim Mann, der Uterus, die Tuben, die Ovarien und ein Großteil der Vagina bei der Frau, haben ihre Fixierung an den Beckenwänden und den Fascien der Muskeln am Beckenboden und sind somit im kleinen Becken situiert.

Gefäße und Nerven werden im Becken nach ihrer Aufgabe benannt. So gibt es viszerale Gefäße und Nerven, welche die Eingeweide versorgen, und parietale, die im Becken abzweigen und es durch Öffnungen verlassen um ihr Versorgungsgebiet zu erreichen.

### **Arterien:**

Hauptgefäß für die Versorgung des kleinen Beckens ist die A. iliaca interna, welche aus der A. iliaca communis mit der A. iliaca externa entspringt. Die A. iliaca interna bildet einen dorsalen Ast, welcher nur parietale Äste und einen ventralen Ast, welcher parietale und viscerale Äste abgibt. Die A. sacralis mediana (Aorta caudalis) stellt das Ende der Aorta dar und entspringt nicht aus den Aa. iliaca. Sie besitzt keine große anatomische Bedeutung.#

### **Aufteilung der A. iliaca interna:**

#### **Parietale Äste:**

- A. iliolumbalis
- A. sacralis lateralis
- A. glutea superior

#### **Ventrale Äste:**

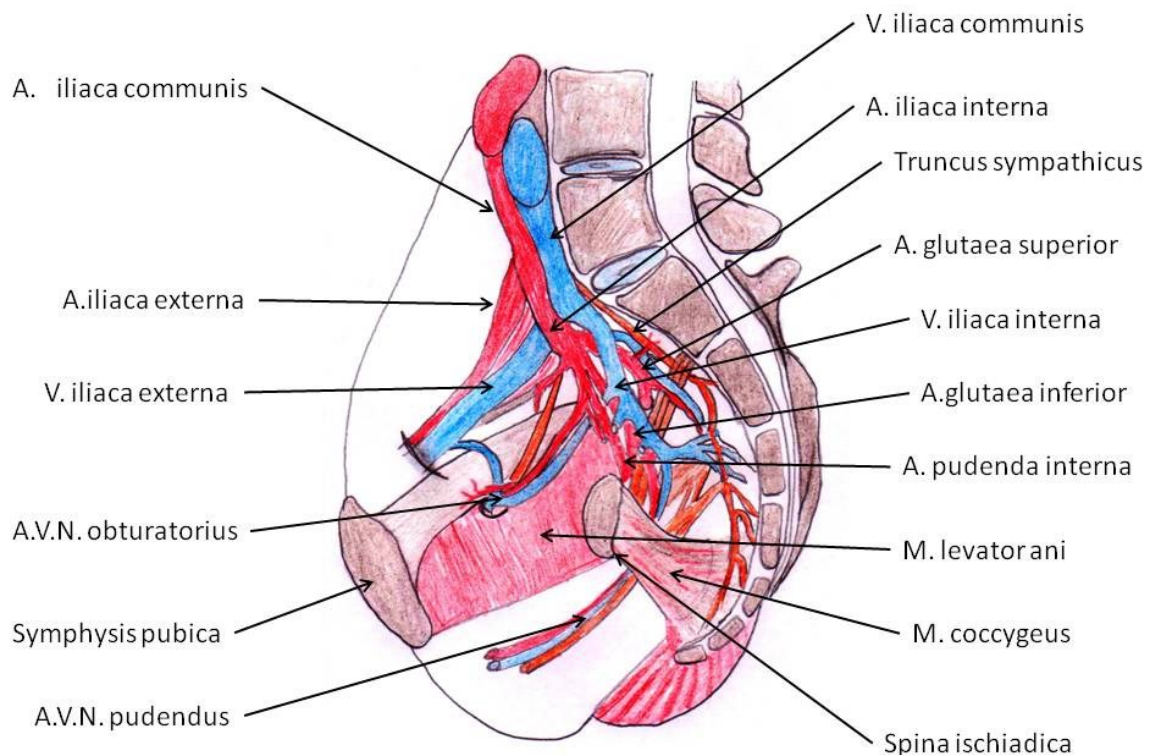
- A. obturatoria
- A. glutea inferior

#### **Viscerale Äste:**

- A. umbilicalis (Lig. umbilicale laterale; Chorda A. umbilicalis)
- A. vesicalis superior
- A. vesicalis inferior
- A. ductus deferens
- A. rectalis media
- A. pudenda interna

### **Venen:**

Von der Symphyse bis zum Rektum bilden die in Zusammenhang stehenden und die Eingeweide umgebenden Venen einen Plexus, welcher in die V. iliaca interna (V. hypogastrica) mündet. Dieses Venengeflecht ist sowohl topografisch als auch funktionell als ein Einheit zu sehen. Gemeinsam mit der V.iliaca externa endet die V. iliaca interna in der V. iliaca communis.



**Abbildung 2: Mediansagittalschnitt durch ein männliches Becken**

### **Nerven:**

Die spinalen Nerven und deren Plexus liegen im Becken außerhalb der Fascie, da sie aus dem Plexus sacralis und pudendus stammen, und von den Gefäßen durch die Fascia pelvis getrennt sind.

Der Nervus obturatorius ist der einzige Nerv, der an der Innenseite der Fascia pelvis parietalis aus dem Plexus lumbalis entspringt und Richtung Canalis obturatorius zieht. Aus den ventralen Ästen der ersten, zweiten und dritten Sacralnerven des Truncus lumbosacralis entsteht der Plexus sacralis. Dieser bildet eine dreieckige Platte, die dem M. piriformis aufliegt und sich im Foramen

infrapiriforme mit dem N. ischiadicus vereinigt. Die Nn. gluteus superior et inferior entspringen ebenfalls aus den Plexus sacralis und ziehen mit den gleichnamigen Arterien.

Aus den ersten bis vierten Sacralsegmenten entsteht der Plexus pudendus, welcher caudal des Plexus ischiadicus liegt. Er gibt den N. pudendus ab, der medial der anderen lumbalen Segmente, an der Spina ischiadica vorbei, durch das Foramen infrapiriforme zieht. (2,6,7)

### **1.2 Mechanik des Beckens:**

Wenn man sich die Bewegungsfreiheit des Beckens ansieht, so fällt auf, dass es sich um eine relativ starre Konstruktion handelt. Diese ist bis auf die Eigenelastizität des Knochens und die minimalen Bewegungen in den Iliosacralgelenken und der Symphysis pubica starr. Der hintere Beckenring spielt bei der Übertragung der Kräfte von der unteren Extremität zum Rumpf eine wichtige Rolle. Rein anatomisch betrachtet man das Becken als ein Gewölbe und das Os sacrum ist als „Schlussstein“ anzusehen, welcher im Stand zwischen den beiden Cristae iliacae posteriores eingeklemmt und fixiert wird. Die Symphyse wirkt in diesem Modell als Zuggurtung und verhindert ein Auseinanderklappen der beiden Ossa pubica. (9)

Da sich die Achse der Wirbelsäule und der unteren Extremitäten nicht in einer Ebene befindet, kommt es zu keiner senkrechten Kraftübertragung, und so entsteht beim aufrechten Stand durch die beiden Iliosacralgelenke ein Drehmoment. (8,9)

Die Beckenbodenbänder (Lig. sacrotuberale und sacrospinale) wirken mit den dort ansetzenden Muskeln (M. gluteus maximus, piriformis und das Caput longum des M. biceps femoris) dieser Scherbewegung, genannt Nutationsbewegung (Kombination aus Rotation und Translation), entgegen. (8)

Der vordere Beckenring wird weniger belastet als der hintere, besitzt aber auch eine lastaufnehmende Funktion. Die Symphysis pubica, mit ihrem Discus interpubicus und weiteren Faserstrukturen kompensiert Zug, Druck und vertikale Scherbelastungen. (9)

Wirkt auf die untere Extremität eine Kraft, so wird diese durch Unter- und Oberschenkel schon wesentlich abgeschwächt. Im weiteren Verlauf trifft sie über

das Hüftgelenk auf das Os ilium und wird über den hinteren Pfeiler des Os coxae an das Iliosacralgelenk und das Os sacrum übertragen. Durch die Nutationsbewegung des Os sacrum werden die Ligg. sacroiliaca dorsalia gespannt und die sakroiliakale Gelenksfläche komprimiert. Dabei wird das Os sacrum zwischen den beiden Ossa ilia regelrecht eingekeilt und fixiert. (9)

### **1.3 Epidemiologie des Beckentraumas:**

*„Die Beckenverletzung nimmt über die letzten 150 Jahre an Häufigkeit zu. Während im letzten Jahrhundert ihr Anteil noch teilweise weit unter 1% bei Patienten mit Frakturen angegeben wurde, ist derzeit ein Anteil von 3-8% anzunehmen. Eine Feldstudie aus Schweden gibt 1992 eine Inzidenz von 37 Beckenverletzungen pro 100000 Einwohner und Jahr an, eine ähnliche Studie aus Dänemark ergibt 1996 eine Inzidenz von 19 Beckenfrakturen pro 100000 Einwohner und Jahr.*

*Einen weiteren wesentlichen Einfluss auf die Inzidenz der Beckenfrakturen hat der Schweregrad der Gesamtverletzung: Während die Inzidenz im Krankengut aller Verletzten derzeit mit 3% anzunehmen ist, nimmt ihr Anteil bei den Schwerverletzten auf über 25% zu. Ist das Ausmaß der einwirkenden Energie so hoch, dass die Verletzung nicht überlebt wird, steigt auch die Inzidenz der beobachteten Beckenverletzungen: Voigt fand bei der Sektion von 189 Unfallopfern 76 Beckenverletzungen (42%)...“ (10)*

Der erste Häufigkeitsgipfel des Beckentraumas und hier vor allem des schweren, instabilen Beckentraumas zeigt sich zwischen dem 20. und 35. Lebensjahr. Deutlich öfter betroffen sind junge aktive Männer. (11)

Um das 85. Lebensjahr erleben wir einen weiteren Anstieg. Dieser betrifft jedoch häufiger das weibliche Geschlecht. Außerdem handelt es sich um stabile Frakturen des os pubis und ischii. Man spricht von Altersfrakturen, da es aufgrund der Abnahme der Knochendichte schon bei Niedrigenergietraumen zu Frakturen kommt. (11)

Die stabile Typ-A-Verletzung nach AO-Klassifizierung (12) ist mit 56% die mit Abstand am häufigsten vorkommende Fraktur am Becken und tritt in 59,9% der Fälle isoliert auf. Isolierte Acetabulumbrüche liegen bei 20,9% vor, wobei 9,3% in Kombination mit Beckenringverletzungen auftreten.

Im Gegensatz dazu stehen die mit 9,3% eher seltenen komplexen Beckenringverletzungen vom Typ C nach AO-Klassifikation. Diese haben allerdings in 94,4% der Fälle Begleitverletzungen. Dies erklärt sich aufgrund der hohen Gewalt, die während des Unfallherganges auf den Patienten einwirkt.

Bei dieser Analyse handelt es sich um Daten aus traumatologischen Schwerpunktzentren. (11)

*„Die Gesamtleletalität kann derzeit mit 7,9% aller Patienten mit Beckenverletzungen angegeben werden. Die Letalität des Gesamtkollektivs aller Beckenfrakturen ist damit leicht sinkend, obwohl es schwierig ist vergleichbare Daten heranzuziehen. Patterson gibt 1973 eine Letalität von 13,9% in einem Kollektiv von 633 Beckenfrakturen an. Im eigenen Krankengut mit einer deutlichen Prävalenz von schweren ergab sich bei 1.254 Beckenfrakturen zwischen 1972 und 1992 eine Gesamtleletalität von 18,1%...“ (13)*

Eine Steigerung der Letalität wird bei pelvinen Begleitverletzungen beobachtet, kann aber aufgrund der Individualität der Verletzungsmuster schwer untereinander verglichen werden. (11)

Weitere Faktoren, welche das Outcome verschlechtern, sind Verletzungen großer Gefäße, die eine Blut- oder Volumenersatztherapie notwendig machen. Dort zeigt sich eine Zunahme der Letalität auf 26% bis 83%. (14)

Sinkt der Hb-Wert unter 8 g% oder ist die Kreislaufsituation bei der Aufnahme instabil (RR systolisch unter 90mmHg) liegt die Letalität bei 55,2% und entspricht damit der einer traumatischen Hemipelvektomie.(11,14)

Diagnose:	Allgemeinverletzungen Beschreibung:	Häufigkeit	Letalität
Beckenfraktur, Beckenluxation	Stabile oder instabile Beckenverletzung Typ Tile A,B oder C ohne wesentlichen Weichteilschaden.	90,7%	7,1%
Komplexe Beckenfraktur	Beckenfraktur mit komplizierten pelvinem Weichteilschaden (Urogenital, Darm, Nerven, Hautmantel, Muskulatur).	9,3%	21,3%
Offene Beckenfraktur	Komplexe Fraktur mit externer oder interner Durchtrennung der Körpergrenze (Haut, Rektum, Vagina).	4,3%	17,7%
Traumatische Hemi-pelvektomie	Traumatischer Abriss einer Beckenhälfte mit weiter posteriorer Diastase (ca.3cm) und kompletter Unterbrechung der vaskulären und neurogenen Strukturen.	0,6%	60%

**Tabelle 1 Definition der Verletzungsbilder am Becken nach (Pohlemann und Tscherne, 1996)**

## 1.4 Klassifikation und Begriffserklärung:

### 1.4.1 Klassifikation nach Tile:

1986 wurde die ABC-Klassifikation nach Tile präsentiert. Sie nimmt Rücksicht auf die Stabilität des Beckens und den Unfallmechanismus. Die Einteilung erfolgt in (12,15):

- Typ A: Stabilität und Kontinuität des Beckens bleiben erhalten. Ein Beispiel dafür ist die isolierte Fraktur der Ala ossis ilii und alle Avulsionsfrakturen. Diese Verletzungen zeigen sich beim direkten Sturz aufs Becken (Verletzungen des alten Menschen) und geringer Gewalteinwirkung.

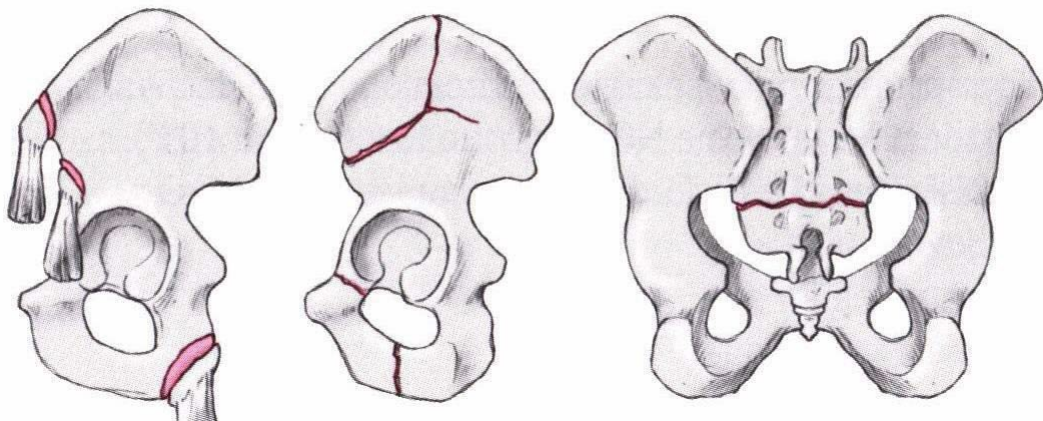


Abbildung 3: Typ A-Frakturen (Ficklscherer. Orthopädie und Traumatologie, Urban & Fischer)

- Typ B: Diese sind rotationsinstabile Frakturen mit intaktem hinterem Beckenring und sind somit vertikal stabil. Sie treten bei frontaler und frontolateraler Gewalteinwirkung auf und werden unterteilt in:
  - B1: „open book“ oder anteroposteriore Kompressionsverletzung
  - B2: laterale Kompressionsverletzung

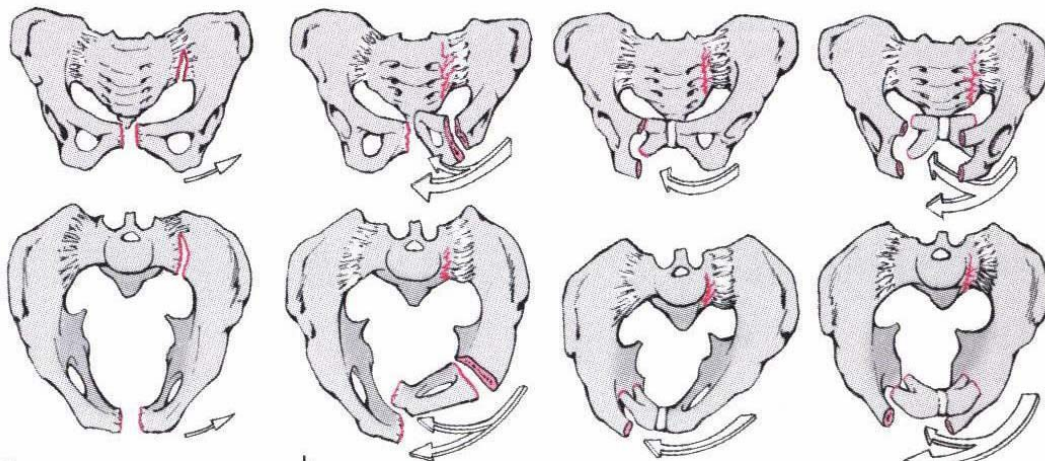


Abbildung 4: Typ B-Frakturen (Ficklscherer. Orthopädie und Traumatologie, Urban & Fischer)

- Typ C: Der Sturz aus großer Höhe sowie Hochrasanztraumata, wie bei Motorradunfällen, sind für diese Art der Verletzung ursächlich. Es entsteht eine komplette vertikale als auch eine komplette Rotationsinstabilität. Aufgrund der Instabilität des vorderen und hinteren Beckenringes spricht man von einer „globalen Instabilität“. Oft sind die knöchernen Verletzungen mit Abrissen im Bandapparat assoziiert, welche einen weiteren Verlust von Stabilität bedeuten.

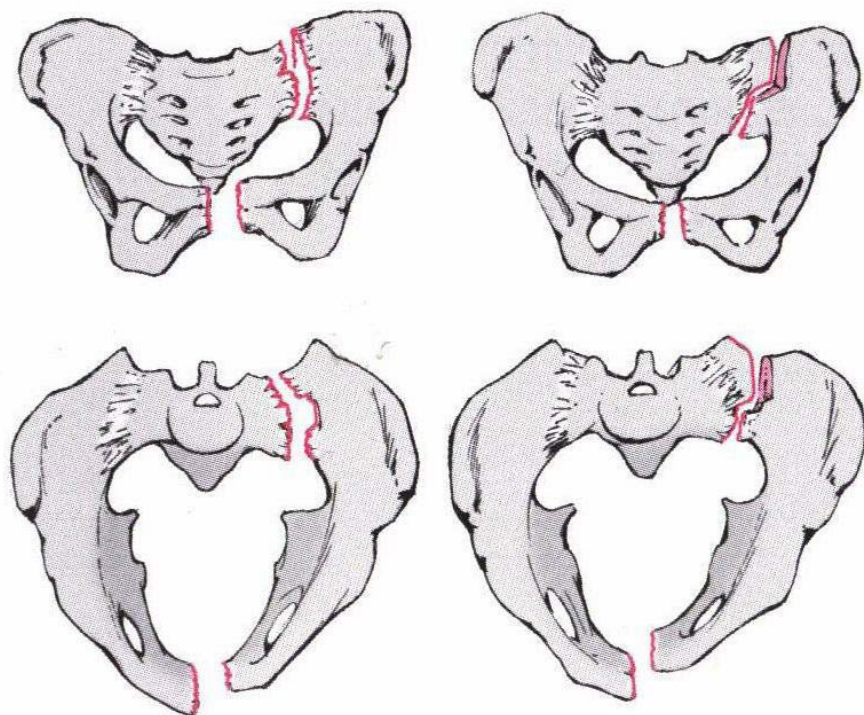


Abbildung 5: Typ C-Frakturen (Ficklscherer. Orthopädie und Traumatologie, Urban & Fischer)

#### 1.4.2 Klassifikation nach Buchholz:

Diese Einteilung entspricht im Wesentlichen der Klassifikation nach Tile und wird unterteilt in (12,15):

- Stabile Beckenringfrakturen
- Rotationsinstabile Beckenringfrakturen
- Komplette Instabilität des Beckens

### 1.4.3 OTA/AO-Klassifizierung:

1996 wurde dieses System von der Orthopedic Trauma Association (OTA) publiziert und gilt seitdem als internationaler Standard in der Klassifizierung des Beckenringtraumas.

Es handelt sich um eine hierarchische Einteilung in 3 Frakturgruppen (ABC) mit jeweils 3 Gruppen und 3 Subgruppen (12,14-16):

- Typ A: Der hintere Beckenring, sowohl ligamentär als auch knöchern, und der Beckenboden sind intakt. Das Becken als Ganzes ist stabil.
  - A1: Abrissfrakturen
    - 1: Spina iliaca
    - 2: Beckenkamm
    - 3: Tuber ischiadicum
  - A2: Fraktur der Darmbeinschaukel
    - 1: Beckenschaukel
    - 2: transpubische, einseitige Unterbrechung des vorderen Beckenringes
    - 3: transpubische, beidseitige Unterbrechung des vorderen Beckenringes
  - A3: tiefe Querfraktur des Os Sacrum
    - 1: Luxation des os coccygeum
    - 2: keine Dislokation der Sakrumfraktur
    - 3: Dislokation der Sakrumfraktur
- Typ B: Durch eine inkomplette Durchtrennung des hinteren Beckenrings kommt es zu einer Rotationsinstabilität um eine vertikale und eine transversale Achse. Eine teilweise Stabilität ist durch erhaltene Bänder im hinteren Becken und am Beckenboden zu erklären.
  - B1: einseitige Außenrotationsverletzung („open book“)
    - 1: Verletzung des vorderen SI-Gelenks
    - 2: Sakrumfraktur
  - B2: einseitige Innenrotationsverletzung (bei lateraler Krafteinwirkung)
    - 1: vordere Impressionsfraktur des Sakrums
    - 2: Luxationsfraktur oder teilweise Luxation des SI-Gelenks
    - 3: unvollständige hintere Ileumfraktur
  - B3: Instabilität in beiden SI-Gelenken

- 1: beidseitige Verletzung („open book“)
  - 2: eine Kombination aus B1 und B2
  - 3: beidseitige Verletzung bei lateraler Krafteinwirkung
- Typ C: Zusätzlich zum vorderen ist nun auch der hintere Beckenring komplett durchtrennt und die Integrität des dorsalen Beckenrings ist verloren. Es herrscht eine komplette Instabilität aufgrund des Verlustes aller ligamentärer Strukturen hinten und im Beckenboden.
  - C1: einseitige komplette Unterbrechung des vorderen und hinteren Beckenringes
    - 1: durch das Ileum
    - 2: durch das SI-Gelenk
    - 3: durch das Sakrum
  - C2: einseitige komplette Unterbrechung kombiniert mit einer kontralateralen inkompletten Unterbrechung des vorderen und hinteren Beckenringes
    - 1: komplett durch das Ileum
    - 2: komplett durch das SI-Gelenk
    - 3: komplett durch das Sakrum
  - C3: beidseitige Unterbrechung des vorderen und hinteren Beckenringes
    - 1: Beidseits extrasakral
    - 2: einseits transsakral und kontralateral extrasakral
    - 3: beidseits transsakral

#### **1.4.4 Offene/komplexe Beckenringfrakturen:**

Sie treten in 10% der Beckenfrakturen auf.(15) Es kommt im Rahmen eines Traumas zur Eröffnung der Haut oder der Hohlorgane (Vagina, Rektum). Meist findet man einen massiven Weichteilschaden mit stark ansteigender Letalität von bis zu 50% der Fälle vor.(15) Bei einer geschlossenen Beckenfraktur kann die Blutung durch eine Eigenkompression selbstständig gestillt oder limitiert werden. Dieser Vorteil entfällt bei der offenen Fraktur, sodass der Blutverlust durchaus mehr als 2l betragen kann und somit rasch lebensbedrohlich wird. (14,15) Die traumatische Hemipelvektomie stellt hier die massivste Verletzung dar, da sie durch einen osteoligamentären Ausriss vom Stammskelett regelrecht abgetrennt

wird. Es kommt zur einseitigen Durchtrennung von sämtlichen Gefäßen und Nerven im Beckenbereich.(15) Sie kann offen oder geschlossen sein und war vor Optimierung der Rettungskette und der präklinischen Versorgung ein „Todesurteil“ für den Patienten. Durch die Verbesserung des präklinischen Traumamanagements konnte die Überlebensrate gesteigert werden, jedoch hat auch noch heute ein Patient mit dieser Verletzung eine denkbar schlechte Prognose. (12,14,15)

#### **1.4.5 Transsakrale Frakturen nach Denis:**

Die Einteilung erfolgt in drei Zonen, diese werden nach der durch die Bruchlinie verlaufenden Strukturen benannt (12):

- Zone 1: laterale oder transalare Fraktur
- Zone 2: transforminale Frakturen
- Zone 3: zentrale Frakturen und alle Querfrakturen

#### **1.4.6 Begleitverletzungen am Beckenring:**

Die Einteilung erfolgt nach den betroffenen anatomischen Strukturen und Regionen. Sie sind oft nur durch spezielle radiologische Diagnostik ersichtlich (16):

- Transsymphysäre Verletzung
- Transpubische Verletzung
- Transacetabuläre Verletzung
- Transiliakale Verletzung
- Transiliosakrale Verletzung
- Transsakrale Verletzung

#### **1.4.7 Das Polytrauma:**

Als Polytrauma bezeichnet man die Ansammlung mehrerer Verletzungen verschiedener Körperregionen bzw. Organe, bei der eine einzelne Verletzung oder die Kombination der Verletzungen sowie ein eventuell folgender inflammatorischer Prozess lebensbedrohlich werden können. (17)

Der polytraumatisierte Patient darf nicht mit einem mehrfachverletzten Patienten ohne vitale Bedrohung verwechselt werden.

Die Einschätzung des Schweregrades der Verletzung erfolgt mit Hilfe des Injury Severity Score (ISS®). Als wichtigste Behandlungskonzepte des Polytraumas werden der „Advanced-Trauma-Life-Support“ (ATLS®) des American College of Surgeons und/oder die „S3-Leitlinie Polytrauma“ der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU®) empfohlen. Diese Leitlinien werden in regelmäßigen Abständen aktualisiert und an neue Erfahrungen angepasst.(17)

#### **1.4.8 Injury Severity Score (ISS):**

Der Injury Severity Score wird zur Einordnung des Schweregrades einer Verletzung anhand der anatomischen Strukturen herangezogen. Er reicht von 0 bis 75, wobei die Schwere der einzelnen Verletzungen mit der Höhe der Skala ansteigt. (18)

Es werden sechs Körperegionen unterschieden:

- 1. Head or Neck / Kopf und Nacken:** Der Bereich umfasst den knöchernen Schädel (ohne Gesichtsschädel) und knöcherne Verletzungen der Halswirbelsäule. Das Groß- und Kleinhirn, wie auch eine Asphyxie werden hier codiert.
- 2. Face / Gesichtsschädel:** Mund, Nase, Augen, Ohren und Gesichtsknochen fallen in diese Kategorie.
- 3. Chest / Thoraxverletzungen:** Verletzungen der Brustwirbelsäule, der Rippen und der thorakalen Organe, des Zwerchfells und Ertrinken.
- 4. Abdomen or Pelvis contents / Verletzungen im Bauchenraum:** Verletzungen der Bauchorgane, der Lendenwirbelsäule und der Organe im kleinen und großen Becken.
- 5. Extremities, Pelvic girdle / Extremitäten- und Becken Verletzungen:** alle Verletzungen der Extremitäten (Überdehnung, Fraktur, Luxation und Amputation) und des Beckengürtels
- 6. External / Oberflächliche Verletzungen:** Abschürfungen, Schnittverletzungen, Prellungen und Verbrennung der Haut und des subcutanen Fettgewebes; Unterkühlung und Verletzungen durch Strom werden hier eingeteilt.

Jede Verletzung hat eine AIS (abbreviated injury Scale) und wird einer der 6 Körperregionen zugeteilt. Die drei Körperregionen die am schwersten verletzt sind, werden quadriert und addiert und ergeben so den ISS-Score des Patienten. Ab einem Wert von 15 im ISS spricht man von einem Polytrauma. Wenn bei einem Patienten ein AIS von 6 (nicht behandelbare Verletzung) diagnostiziert wird, dann steigt sein ISS automatisch auf 75, ohne andere Verletzungen mit einzu- beziehen. (18)

AIS-Code	AIS-Verletzungsschwere (englisch)	AIS-Verletzungsschwere
1	Minor	Gering
2	Moderate	Ernsthaft
3	Serious	Schwer
4	Severe	Sehr schwer
5	Critical	Kritisch
6	Unsurvivable	Maximal (nicht behandelbar)
9	NFS (not further specified)	Nicht genau angegeben

Tabelle 2: Abbreviated Injury Score (AIS) nach Copes et. al. (1989)

Als modifizierte Version des ISS gilt der **NISS (New injury severity score)**, der nicht die drei schwersten Verletzungen unabhängig von der Körperregion addiert, sondern die drei höchsten AIS-Codes quadriert und addiert. (18)

Beispiel: Bei einem Patienten mit einem III° SHT, mit subduralem Hämatom (AIS 5) und einer HWS-Typ C-Fraktur mit Querschnittslähmung (AIS 5), einer Lungenkontusion (AIS 3) mit Serienrippenfrakturen (AIS 3) und einer beidseitigen Beinamputation (AIS 3) beträgt der ISS 43 ( $5^2+3^2+3^2$ ), der NISS hingegen 59 ( $5^2+5^2+3^2$ ). (17-19)

#### 1.4.9 Revised Trauma Score (RTS):

Der „Revised Trauma Score“ (RTS) ist ein physiologischer Score, welcher anhand vom GCS, dem systolischen Blutdruck und der Atemfrequenz erstellt wird. Da schwerverletzte Patienten häufig beim Eintreffen im Schockraum bereits intubiert oder analgosediert wurden, muss die Erhebung der nötigen Parameter bereits am Unfallort durch den Notarzt erfolgen. (20)

		Punktewert:
<b>A Atemfrequenz:</b>	10-29/min	4
	>29/min	3
	6-9/min	2
	1-5/min	1
	0	0
<b>B systolischer Blutdruck:</b>	>89 mmHg	4
	76-89 mmHg	3
	50-75 mmHg	2
	1-49 mmHg	1
	Kein Puls	0
<b>C Glasgow Coma Scale (GCS):</b>	13-15	4
	9-12	3
	6-8	2
	4-5	1
	3	0
Gesamtwert: A+B+C		

**Tabelle 3: Revised Trauma Score (RTS) nach Copes et. al. (1989)**

Der Trauma and Injury Severity Score (TRISS) ist eine Kombination aus dem RTS-Wert und dem ISS-Wert und stellt eine Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten dar. (20)

#### **1.4.10 Revised Injury Severity Classification (RISC):**

Die RISC stellt eine Berechnung der Letalitätswahrscheinlichkeit bei Schockraumaufnahme aus dem Traumaregister der DGU® dar. Sie beinhaltet das Patientenalter, den Base Excess, den AIS-Wert für Kopf- und Extremitätenverletzungen, die Prothrombinzeit, den NISS-Wert, die Anzahl der indirekten Blutungszeichen und der Anzahl der erfolgten Reanimationen. Jede Position wird mit maximal 5 Punkten bewertet und die resultierende Zahl wird in

eine Formel eingesetzt. Aus dieser Formel errechnet sich die Überlebenswahrscheinlich in Prozent. (17)

### **1.5 Begleitverletzungen:**

Aufgrund der hohen Gewalteinwirkung im Zuge des Unfallgeschehens ist die Beckenringverletzung nicht selten mit anderen schweren Verletzungen assoziiert. Häufig findet man Schädelhirntraumata, Thorax- (Haematopneumothorax oder Herzbeuteltamponade) und Abdomenverletzungen, wie Rupturen der Milz oder Leber, welche mit massiven Blutverlusten einhergehen können. In sogar 85% der Fälle wird von einer muskuloskelettalen Beteiligung berichtet. (14,15)

Gefäßverletzungen: Die Häufigkeit von relevanten arteriellen Blutungen ist in der Literatur sehr variabel beschrieben und reicht von 0,6% bis 27% der Fälle. A. iliaca interna und ihre Äste A. iliolumbalis, A. glutea superior, A. obturatoria und A. profunda interna sind hauptverantwortlich für arterielle Blutungen. Jedoch auch durch die Spongiosa des Beckenknochens sowie dem präsakralen und prävesikalen Venenplexus kann es zu massiven Blutverlusten kommen. Da das Retroperitoneum bis zu 6 Liter Blut aufnehmen kann, ist eine lebensbedrohliche Situation gegeben. (14,15)

Bei Überrolltraumata und offenen Beckentraumen ist auch an eine Verletzung der Aorta und ihrer großen Äste zu denken. Eine Besonderheit stellt hier die Morel-Lavallé-Verletzung mit subcutanem Decollement dar. Großflächige Abscherverletzungen von Haut und Subcutis reichen rund um das Becken bis zum Rücken und Oberschenkel. Da schwere knöcherne Verletzungen fehlen, wird diese trotzdem lebensbedrohliche Situation oft übersehen. In durch das Trauma entstandene Hohlräume und Taschen kann es zu einer massiven Blutansammlung führen, die einen Blutungsschock auslösen kann. (14,15)

Die Hämatomentleerung, Blutsstillung und Entfernung von zerstörten Weichteilen haben umgehend an die Diagnostik zu erfolgen. Eine Drainage mit mildem Sog und ein gepolsterter zirkulärer Verband mit leichter Kompression, oder die Anlage eines VAC-Verbandes sind für die Deckung der versorgten Wunde optimal. Hautdefekte können mittels Spalthaut im Intervall gut gedeckt werden. (14,15,21,22)

Harnleiter- (Ureterverletzungen) stellen bei stumpfen Traumen eher eine Seltenheit dar. Sie entstehen bei massiver Gewalteinwirkung von hinten. Der Harnleiter wird dann meist unterhalb des Nierenbeckens abgerissen. (14,15) Aufgrund der gravierenderen Hauptverletzung bleibt der Ureterabriss oft symptomarm und äußert sich erst nach Tagen mit Schmerzen, Tumorbildung und Fieber durch ein retroperitoneales Urinom. Zur Abklärung empfiehlt sich die Erhebung der Anamnese, eine Sonographie, eine Urethrozystographie bzw. Ausscheidungsurographie. (12,15,22)

Literatur	Anzahl	SHT	Thoarx	Abdomen	Wirbelsäule	Extremitäten	Urogenital
Jonas (1975)	99	57,6 %	47,5%	99%	6%	58%	29%
Müller-Färber 1979	703	15,4 %	11,5%	5,7%	9,2%	42%	12,1%
Semba (1983)	53	30,2 %	28,3%	47,2	/	/	51%
Knoch (1984)	350	33%	27,3%	25,2%	3,5%	73,9%	14,8%
Schmit-Neuerburg (1986)	124	73%	60%	34%	/	89%	15%
Pohleman n (1992a)	1254	46,5 %	36,3%	25,5%	14,4%	69,9%	/
Rommens (1992)	44	52,3 %	52,3%	9,1%	13,6%	54,5%	25%
Sinnot (1992)	27	33,3 %	37%	55,6%	/	66,7%	29,6%
Weinberg (1992)	278	53,2 %	47,8%	19,4%	15,8%	89,9%	/
Felanda (1993)	50	8%	14%	6%	10%	32%	/

Tabelle 4: Begleitverletzungen bei Beckentrauma, modifiziert nach (Rieger, 1996)

Zerreißen der Harnblase sind Folge einer großen dezelerierenden Krafteinwirkung bei instabilen Frakturformen. Es werden intraperitoneale und extraperitoneale Rupturen unterschieden. Erste Form lässt sich im CT und Ultraschall durch eine meist leere Blase und freie intraabdominelle Flüssigkeit suspezieren. Eine Blasenfüllung über den liegenden Harnkatheter mit einem definierten Kochsalz-Volumen kann bei entsprechenden Volumendefizit nach erneutem Harnablassen über den Katheter die Diagnose erhärten. Letztere stellt eine absolute Indikation zur akuten operativen Intervention über eine Unterbauchlaparotomie dar. Die extraperitoneale Ruptur zeigt sich meist mittels Zystographie und Ausscheidungsurogramm. Sie kann grundsätzlich konservativ behandelt werden, jedoch durch Harnkontaminierung der Fraktur, kann sich die Indikation zur primären operativen Intervention ergeben. Die Fraktur des vorderen Beckenringes soll in diesem Zusammenhang wie eine offene Fraktur gesehen und therapiert werden. (12,15,22)

Die Harnröhre (Urethra) ist nur bei rund 15% der Beckenverletzungen betroffen, jedoch zeigt sich bei bis zu 90% der Beckentrauma eine Urethra-Verletzung, insbesondere bei dislozierten Brüchen des vorderen Beckenringes. Die Prädilektionsstelle von diesen Verletzungen ist aufgrund der anatomischen Gegebenheiten, das Diaphragma Urogenitale. Ein kompletter Abriss tritt meistens über dem Diaphragma in Kombination mit Frakturen auf, während der teilweise Abriss meist ohne knöcherne Beteiligung und infradiaphragmal auftritt, und zwar bei stumpfen Traumen auf den Damm. (12,15,22)

50% der Patienten mit einer instabilen Beckenringverletzung zeigen eine Nervenverletzung. Da diese Patienten meistens intubiert oder analgosediert vom Notfallmittel übernommen werden, kann eine neurologische Beurteilung in der Primärdiagnostik oft nicht oder nur unzureichend durchgeführt werden. Bei Verdacht sollte daher frühestmöglich die neurologische Abklärung nachgeholt werden. Bei intubierten Patienten können CT oder MR-Diagnostik eine Aussage bezüglich einer Spinal- bzw. Sacrankanalenengung geben. Am häufigsten sind die Segmente L4 bis S2 betroffen, vor allem wenn eine begleitende Sacrumfraktur oder scharfe Knochenfragmente vorliegen. Gefährdet sind durch Traktion und Quetschung vor allem die Cauda equina, die Faszikel des Plexus lumbosacralis und die peripheren Nerven. Eine digitale Untersuchung des Rektums kann ein

Klaffen oder einen Tonusverlust des Sphinkters anzeigen und auf eine neurologische Läsion hinweisen. Die Peroneusparese kann Folge einer Schädigung des Nervus ischiadicus oder dessen Wurzel sein. Ebenso sollte bei einer radiologisch diagnostizierten Wurzelkompression mit klinischer Manifestation möglichst bald eine Dekompression durchgeführt werden. (12,15,22)

Der Anus, das Rektum oder das Sigmoid können genauso wie bei Frauen auch die Vagina bei einer Beckenfraktur verletzt werden. In Analogie werden dann diese Beckenfrakturen ebenfalls als „offen“ bezeichnet. Blutungen aus den Körperöffnungen können auf solche Verletzungen hinweisen, Darmrupturen zeigen primär klinisch wenig Symptome und werden daher initial auch oft übersehen, ein Warnzeichen hierfür ist freie Luft im Abdomen in der Bildgebung. Neben der Computertomographie ist die Rektoskopie oder ein Gastrografin-Einlauf ein mögliches diagnostisches Mittel zum Nachweis einer Hohlorganverletzung. (14,15)

Eine Kontamination mit Darminhalt und somit auch Darmkeimen führt trotz adäquater Therapie zur Sepsis und steigert die Mortalitätsrate um 30 bis 40%. (12,15,22)

## **1.6 Diagnostik:**

### **1.6.1 Präklinische Diagnostik und Schockraumdiagnostik:**

Die Mittel in der präklinischen Diagnostik der Beckenringverletzung sind begrenzt. Die genaue Erhebung einer Anamnese, sofern dies möglich ist, gibt Rückschlüsse auf den Unfallhergang und eine erste Abschätzung der Schwere der Verletzung. Gegebenenfalls sollten auch Zeugen und Sanitätspersonal befragt werden. (23,24)

Ist der Patient bei Bewusstsein, sollte eine motorische und neurologische Abklärung erfolgen. Durch eine vorsichtige Palpation sollte eine genaue Schmerzlokalisierung möglich sein. Eine neurologische Untersuchung der Gebiete des Plexus lumbosacralis könnte Hinweis auf eine Verletzung desselben geben und ist daher schon in der Präklinik indiziert. Der beste Zeitpunkt dieses durchzuführen ist vor einer möglichen Analgosedierung, sofern der Patient die Untersuchungen toleriert und die Schmerzsituation es zulässt. (23,24)

Beim bewusstlosen Patienten beschränkt sich die Untersuchung auf Kontrolle der Vitalparameter, Atmung und Kreislauf sowie eine klinische Untersuchung des Patienten auf äußere Verletzungen, abnorme Beweglichkeit des Stammskelettes und der Extremitäten. Eine Fehlrotation der Beckenkämme nach außen und eine laterale Kompression geben hier am besten Auskunft über die Stabilität des Beckenringes. (23) Die Prüfung der Stabilität (seitliche und ventro-dorsale Kompression des Beckens) sollte vorsichtig erfolgen, um nicht eine gravierende Blutungssituation auszulösen.(23) Ist bereits ein Beckengurt oder andere stabilisierende Maßnahme angelegt, sollte keine weitere Stabilitätskontrolle erfolgen und dieser erst im Schockraum wieder abgenommen werden.(23,24) Ebenfalls sollte auf Konturunterschiede, Beinlängendifferenzen und Bewegungseinschränkungen im Hüftgelenk geachtet werden. (23)

Zeichen einer Beckenringverletzung sind:

- Äußere Verletzungszeichen (Abschürfungen, Hämatome, Schwellungen etc.)
- Fehlende Stabilität des Beckens
- Fehlende Symmetrie des Beckens
- Blutungen aus dem Anus, der Vagina oder dem Penis

Im Zuge des Legens großlumiger Venenzugänge könnte schon am Unfallort die Blutabnahme erfolgen, und falls vorhanden kann eine Blutgasanalyse herangezogen werden.

Intubierte Patienten sollten nach Eintreffen im Schockraum umgehend radiologisch abgeklärt werden, während ein wacher und orientierter Patient von einer primär mechanischen Abklärung profitieren kann, wenn sich seine Situation dadurch nicht verschlechtert („do not further harm“). (25)

Shlamovitz et al. (26) beschreiben, dass bei einer klinischen Untersuchung eine geringe Sensitivität für das Erkennen einer mechanisch instabilen Beckenringverletzung besteht.

Für die Versorgung im Schockraum existieren diverse Algorithmen zur Versorgung einer Beckenverletzung. Die Einschätzung der vitalen Situation des Patienten muss sofort bei Eintreffen im Schockraum reevaluiert werden. Eine mögliche

Hypothermie sollte von Anfang an vermieden werden, indem nach der klinischen Untersuchung Wärmedecken angelegt werden. (25)

Das Legen eines zentralvenösen Katheters (Vena subclavia / Vena femoralis) zur Blutabnahme und Volumensubstitution sowie eines arteriellen Zuganges zur invasiven kontinuierlichen Blutdruckmessung wird empfohlen.

Durch die Anwendung nach Trunkey kann die Blutungsschwere nach Blutverlust pro Zeitintervall (ml/min) ermittelt werden. Bone gibt den Gesamtblutverlust (ml) unter entsprechender Einteilung in Schweregrade an. Hb-Wert und BE haben sich bei der Blutungsabschätzung bewährt. (25)

Während der Bildgebung sollte ein transurethraler Blasenkatheter gelegt werden. Sollte es zu einer Blutung aus dem Penis kommen wird eine retrograde Uretrographie durchgeführt, um eine Harnröhrenverletzung zu abzuklären. (25,27)

### **1.6.2 Bildgebende Diagnostik:**

Der FAST- Ultraschall „Focused Assessment with Sonography for Trauma“ ist eine schnelle und beliebte Methode zur Feststellung von freier Flüssigkeit im Abdomen und im Thorax. Die FAST-Methode spielt vor allem bei hämodynamisch instabilen Patienten eine wichtige Rolle, da hier oftmals die zeitaufwendigere Polytrauma-CT-Untersuchung überlebenswichtige Notfalleingriffe (Thorakotomie, Laparotomie) verzögern würde. Weiters spielt die FAST-Sonographie in der pädiatrischen Traumadiagnostik eine wichtige Rolle, da hier möglichst sparend mit ionisierender Strahlung gearbeitet werden soll, sowie in der Diagnostik des „lung sliding“ und in der Kontrolle der Lungenbelüftung. (25,27)

Als Goldstandard wird die Computertomographie („Traumaspirale“ mit Kontrastmittel) angesehen, da sie eine Fraktur in Verlauf, Ausdehnung und genauer Lokalisation am besten darstellt. Die SI-Fuge und das Os sacrum können genau eingesehen und etwaige Verletzungen diagnostiziert werden. (25)

Bei Verdacht auf Läsionen im Urogenitaltrakt sowie Blutungen können mittels Kontrastmittel genau lokalisiert und klassifiziert werden. (27)

Ganz entscheidend ist auch die Zuordnung von intrapelvinen Blutungen im Kontrastmittel-CT. Arterielle Blutungen zeichnen sich durch eine „Kontrastmittelfahne“ in der arteriellen Phase aus. (27)

Die 3D-Rekonstruktion ist mittlerweile unabdingbar für die präoperative Planung und die genau Darstellung des Verletzungsausmaßes. (27)

Als standardisierte Aufnahme in der Beckentraumadiagnostik hält sich das konventionelle a.p.-Beckenübersichtsröntgen, das gegebenenfalls mit einer Inlet-Outlet-Aufnahme oder einer Schrägaufnahme nach Judet erweitert werden kann.(28) Die Inlet-Aufnahme erlaubt eine direkte Darstellung der Linea terminalis und erfasst eine mögliche ventro-dorsale Verschiebung des Beckenringes, während die Outlet-Aufnahme die direkte Darstellung des Os sacrum und eine mögliche cranio-caudale Verschiebung zeigt. Mit diesen Aufnahmen ist eine richtige Klassifizierung in 88% der Fälle (nach Edeiken-Monroe) möglich, nach Young et.al. sind sogar bis zu 94%.(25,27-29)

Mit der Obturator-Aufnahme, bei der auf der betroffenen Seite das Bein des Patienten um 45° in der Längsachse angehoben wird, kann das Foramen obturatorium und der hintere Pfeiler abgebildet und beurteilt werden. Die Ala-Aufnahme, bei der das kontralaterale Bein um 45° in der Längsachse angehoben wird, ist eine Aufnahmetechnik zur Beurteilung des vorderen Pfeilers und der Ala ossis ilii. (27)

Eine retrospektive Studie von Berg (30) zeigt das sich 66% der Beckenfrakturen im a.p.-Röntgen (bei Inlet-/ Outletaufnahmen nur 56%) diagnostizieren lassen. Dennoch ist die Rate in der CT-Diagnostik mit axialen 10-mm-Schnitten bei 86%. Auch Harley (31) spricht von einer höheren Sensitivität der CT-Diagnostik, vor allem bei Frakturen des Acetabulums und Os sacrum. Resnik (32) zeigt, dass das konventionelle Röntgen 9% der Frakturen übersieht, laut ihm seien diese aber ohne klinische Relevanz.

Laut Stewart (33) sollte bei geplanter Computertomographie auf das Nativ-Röntgen verzichtet werden.

### ***1.7 Präklinische Versorgung:***

Die präklinische Traumaversorgung sollte laut PHTLS® (20) nach folgenden Gesichtspunkten ablaufen:

1. Die Sicherheit der Rettungskräfte und des Patienten sollte immer gegeben sein
2. Über die Lage sollte sich ein Überblick geschaffen werden, um eventuell weitere Kräfte anzufordern
3. Kurze Erhebung des Unfallherganges und welche Kräfte gewirkt haben

4. Erstbeurteilung zur Erkennung von vitalbedrohenden Zuständen
5. Airwaymanagement mit HWS-Schienung
6. Sauerstoffsättigung > 95% durch Sauerstoffgabe oder Atemunterstützung
7. Stillung von starken oder lebensbedrohlichen Blutungen
8. Durchführung einer Schocktherapie mit Erhalt oder Wiederherstellung von Normothermie
9. Versorgung und Schienung von muskuloskelettalen Verletzungen
10. Manuelle Stabilisierung der HWS (Spineboard, Vakuummatratze, KED ®)
11. Bei kritischen Patienten sollten der Abtransport in ein geeignetes Krankenhaus innerhalb von 10 Minuten erfolgen
12. Am Transport sollte eine Volumentherapie mit warmen Lösungen erfolgen
13. Wenn lebensbedrohliche Zustände ausgeschlossen sind, kann eine genaue Anamnese erhoben und der Second Survey durchgeführt werden
14. Informationsübermittlung von Patientendaten und Verletzungen an die aufnehmende Klinik
15. Weitere Schäden am Patienten vermeiden; „Do not further harm!“ (34)

Die präklinische Versorgung sollte sich nach den begrenzten Mitteln der Diagnostik orientieren. (35)

Eine weitere Methode zur schnellen Statuserhebung und Notfallbehandlung bietet das ABCDE-Schema nach des **ATLS®** (36):

- **A**irway with cervical spine protection.....Atemweg, HWS-Schienung
- **B**reathing and Ventilation.....Atmung, Thorax
- **C**irculation and control of external Bleeding.....Kreislauf, Blutungen
- **D**isability or neurological status.....Neurologie
- **E**xpose and Enviroment.....Entkleiden, Erwärmen

Beim Verdacht auf eine Beckenringverletzung sollte der Patient so wenig und schonend wie möglich bewegt werden. Jede Bewegung kann eine Blutung auslösen und die Situation dadurch schnell unbeherrschbar machen. Zusätzlich können, wenn nicht durch ein Schädelhirntrauma kontraindiziert oder aufgrund einer Extremitätenverletzung nicht möglich, die unteren Extremitäten um 30° hochgelagert werden, um eine Autotransfusion durchzuführen. Laut den S3-

Polytrauma-Leitlinien(20) soll eine Volumentherapie bei schwer verletzten Patienten dann eingeleitet werden, wenn eine unkontrollierbare Blutung vorliegt. Sie soll den Kreislauf auf einem niedrig-stabilen Niveau halten um die Blutung nicht zu verstärken.

Auch wenn normotensive Patienten keine Volumentherapie benötigen sollten sie trotzdem einen möglichst großen i.v.-Zugang erhalten, um gegebenenfalls rasch intervenieren zu können. (20,36,37)

### **1.8 Präklinische Beckenstabilisierung:**

Aufgrund der schweren Komplikationen mit Antischockhose (ASH), MAST (Military Antishock Trousers) und PASG (Pneumatic Antishock Garments), bei deren Anwendung sich bereits nach kurzer Dauer Kompartmentsyndrome mit nachfolgenden Amputationen entwickelten, wurde nach neuen Wegen einer präklinischen Beckenstabilisierung mit einfachen Mitteln gesucht. (35,38)

Es sind hier drei Produkte am Markt, welche alle eine ähnliche Funktionsweise besitzen:

- Pelvic Binder ® (Pelvic Binder, Dalls, USA)
- Sam Sling ® (Sam Products, Newport, USA)
- TPOD ® (BioCybernetics International, LaVerne, USA)

Durch zirkuläre Kompression des Beckens wird eine Stabilisierung der Fraktur selbst und eine verbesserte Reposition der Beckenschaufeln erzielt, wodurch der Blutungsraum im kleinen Becken reduziert. So kann die hämodynamische Situation einer instabilen Beckenringverletzung verbessert werden. Nach wie vor problematisch ist, dass die Diagnose „Beckenfraktur“ in der Präklinik ohne Bildgebung eine niedrige Sensitivität besitzt und auch nicht alle Arten von Beckenfrakturen von einer Kompressionstherapie und/oder Stabilisierung profitieren. (39)

### **1.9 Schockraummanagement / Klinische Notfallversorgung:**

Als Schockraum wird ein Raum bezeichnet, welcher für die besonderen Bedürfnisse der Schwerverletztenversorgung geeignet ist. Durch zentrale Lage,

nahe der Notfallambulanz , Röntgen bzw. Computertomographie, soll eine rasche Versorgung mit möglichst kurzen Wegen ermöglicht werden.(40)

Die Voraussetzungen für einen genormten Schockraum sind (40) :

- Mindestgröße: 30m<sup>2</sup>
- Mindestraumhöhe: 3m
- Eine Notfalltrage, zentral im Raum positioniert, mit auslagernden Armen

Durch diese Richtlinien ist eine multidisziplinäre Versorgung und ein interagierender Einsatz von Ärzten und Pflegepersonal am Schwerverletzten möglich.(40)

***„Discover all life threatening injuries fast“***

Aufgaben des Schockraums (40):

- Kontrolle, Erhaltung und Wiederherstellung der Vitalfunktionen
- Erstdiagnostik
- Setzen von lebensrettenden Sofortmaßnahmen bzw. lebenserhaltenden Soforteingriffen (z.B. Thoraxdrainage, Koniotomie/Tracheotomie, Beckenzwinge, Notfallsthorakotomie).
- Für die Bildgebung sollten sich ein konventionelles Röntgen (aufgrund des 3D-States benötigt man eine Mindestraumhöhe von 3m) und ein Ultraschallgerät im Schockraum befinden. Ein Computertomograph sollte im Idealfall direkt an den Schockraum angrenzen oder sich in diesem befinden, genauso wie die Räume für die radiologische Befundung.

### **1.9.1 Erstbeurteilung (primary survey):**

Der „primary survey“ nach ATLS® (36) beschreibt die Beurteilung und Bekämpfung von unmittelbar lebensbedrohlichen Zuständen in den ersten Minuten im Schockraum. Das bereits beschriebene ABCDE-Schema (siehe oben) ist zentraler Bestandteil des ATLS®-Konzeptes, welches die Stabilisierung der vitalen Funktionen empfiehlt.

Eine regelmäßige Reevaluierung ist von wesentlicher Bedeutung in der Versorgung von Schwerverletzten. (35,36)

### **„Treat first what kills first“**

Beim Beckentrauma sollte das Hauptaugenmerk auf der Blutungssituation und der vitalen Situation des Patienten liegen. Dies beinhaltet die Erhebung des ungefähren Blutverlustes und den damit verbundenen Bedarf an Blutprodukten. Herzfrequenz, Atemfrequenz, systolischer Blutdruck, Schockindex, sowie schnell verfügbare (innerhalb von wenigen Minuten) Laborparameter (Hb, Hkt, BE und Laktat) werden dazu einbezogen. (17,19,36)

Die Einteilung erfolgt in stabil, instabil, dekompensiert oder sterbend und wird interdisziplinär, durch Hinzuziehen der benötigten Fachabteilungen, behandelt. In dieser Phase muss nach Durchführung des CT und Schockraumlabor entschieden werden, ob eine Sofortoperation notwendig ist. (19)

Es existieren viele Algorithmen in der Literatur, daher gibt es keine allgemeine Gültigkeit, und jede Abteilung sollte sich nach individuellen Gegebenheiten ein Schema aneignen und dieses praktizieren.

Beispiel: Bei einem kreislaufinstabilen Patienten, mit einem Überrolltrauma in der Anamnese oder einer traumatischen Hemipelvektomie, kann nur eine chirurgische Intervention eine Blutstillung erzielen. Während der Bildgebung (Beckenübersichtsaufnahme, Thoraxröntgen und Abdomensonographie) kann eine adäquate Schocktherapie erfolgen. Die weitere Therapie wird von dem Schweregrad der Verletzung und der vitalen Situation des Patienten abhängig gemacht. Nach dem Polytraumprotokoll folgt eine CT-Abklärung mit Kontrastmittel und gegebenenfalls eine mechanische Notfallstabilisierung des Beckens, mittels Beckenzwinge, Fixateur extern oder Beckengurt. (35,37,40)

#### **1.9.2 Sekundärbeurteilung (secondary survey):**

Ist eine Notoperation nicht notwendig, wird der Notfallpatient weiteruntersucht um eventuell übersehene Verletzungen zu erfassen. Hier sollte auch entschieden werden, ob der Patient vor Ort adäquat behandelt werden kann, oder ob er an ein entsprechendes Schwerpunktzentrum transferiert werden soll. (40)

Eine ausführliche Untersuchung („vom Scheitel bis zur Sohle“) und Anamneseerhebung kann nun nach dem SAMPLE®-Schema erfolgen (35,40):

- **S**ymptome, Schmerzen: Beginn, Lokalisation, Verlauf, Dauer, Einflüsse, Verschlechterung, Qualität, Ausprägung und Stärke der Schmerzen
- **A**llergien, ggf. Allergiepass
- **M**edikamente, Dauermedikation
- **P**atientengeschichte, Vorerkrankungen
- **L**etzte... Mahlzeit, Stuhl, Regelblutung etc.
- **E**reignisse, die zum Unfall geführt haben etc.

Bei Verschlechterung der vitalen Situation des Patienten, Erfolglosigkeit der bisherigen Therapie oder Bekanntwerden neuer grundlegender Informationen zum Unfallhergang (z.B. Messerstichverletzung durch den Beifahrer vor einem Verkehrsunfall mit stumpfen Trauma), sollte neuerlich auf das ABCDE-Schema zurückgegriffen und der Patient reevaluiert werden. (19,35)

### 1.9.3 Prioritäteneinschätzung der Begleitverletzungen:

Patienten mit schweren Zusatzverletzungen sind als „patienten in extremis“ anzusehen und werden nicht nach speziellen Richtlinien versorgt, sondern nach der persönlichen Erfahrung und den gegebenen Ressourcen im versorgenden Krankenhaus. Es handelt sich um ein Handeln, welches unter enormen Zeitdruck erfolgt. (35-37)

- **Aortenruptur:** Zeigt sich in der Bildgebung eine freie Aortenruptur, hat natürlich die Versorgung derselben absolute Priorität. Bei einer gedeckten Ruptur muss nach Anlegen einer Beckenstabilisierung (Beckenzwinge) an eine Tamponade gedacht werden. Bei massiven Blutungssituationen wird die Aorta temporär abgeklemmt oder komprimiert. Hier ist aber genau auf die Ischämiezeit zu achten. Die Kreislaufsituation muss hypoton (RR < 120mmHg) gehalten werden, jedoch ohne die generelle Perfusion zu vernachlässigen. (37)
- **Leberruptur:** Eine weitläufige Zerreißung der Leber stellt eine absolute Indikation zur operativen Versorgung dar. Eine Stabilisierung des Beckens soll schon im Schockraum erfolgen, welche aber nicht die chirurgische Blutstillung verzögern darf. Die endgültige Versorgung der verletzten Leber kann mit einer Tamponade des Beckens kombiniert werden. (37)

- **Massivtraumen der unteren Extremität:** Hochgeschwindigkeitsunfälle und Überrolltraumata verursachen neben Beckenverletzungen häufig auch massive Gewebszerstörungen der unteren Extremitäten. Die Kompression bzw. das Abbindung der betroffenen Gliedmaße mittels Manschetten kann präklinisch eine Blutung aussetzen. Spätestens im Krankenhaus muss eine Reevaluierung des möglichen Extremitätenerhaltes erfolgen. Die Amputation sollte als Ultimoratio angesehen werden. Ist jedoch die Vitalität des Patienten bedroht, gilt hier der Leitsatz „Limb for life“. (37)

### ***1.10 Algorithmus der pelvinen Massenblutung:***

Der versorgende Arzt sollte in den ersten 30 Minuten nach Eintreffen des Patienten 3 Entscheidungen treffen, welche sich nach der zeitlichen Priorität aufteilen. (41)

#### ***„Realize time loss“***

Innerhalb der ersten 3-5 Minuten nach Eintreffen des Verletzten sollte die *erste Entscheidung* getroffen werden, ob eine chirurgische Blutstillung ohne weitere Diagnostik notwendig ist. Dieses kommt bei Massenblutungen vor, verursacht durch Überrolltraumen, sowie einer Kombination aus Verletzungen der Bauchorgane und der Organe des kleinen Beckens. Hier ist mit einer Läsion der großen Gefäße zu rechnen, bei der auch eine aggressive Schockbehandlung ohne chirurgische Intervention frustan verläuft. Der Patient wird unmittelbar unter Schocktherapie in den Operationssaal transferiert und notoperiert. Als Operationszugang wird eine Notfallslaparotomie gewählt. (41)

Ist dies nicht notwendig erfolgt nach 10 Minuten die Neubeurteilung der Situation. Ist der Patient hämodynamisch stabil, wird eine die Primärdiagnostik fortgeführt. Zeigt sich dabei eine anhaltende Instabilität, erfolgt die externe Stabilisierung des Beckens sowie eine massive Volumensubstitution. (41)

### Behandlungs-Algorithmus des komplexen Beckentraumas

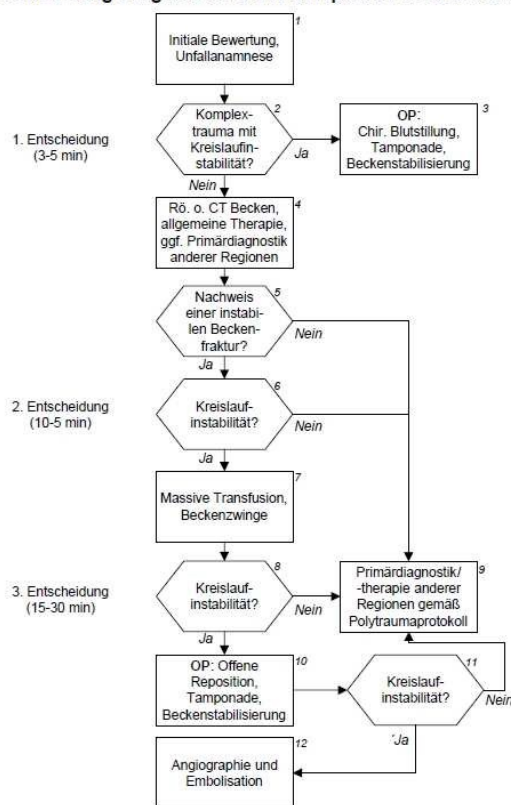


Abbildung 6: Schockraumalgorithmus nach Seekamp (41)

Durch die externe Stabilisierung wird eine Kompression auf den Beckenring ausgeübt, welche die Blutung aufgrund des verminderten pelvinen Platzangebotes reduzieren kann und damit das Leben des Patienten rettet. Hat der Patient eine zusätzliche Sakrumfraktur soll bei Verwendung einer Beckenzwinge die Anlage unter besonderer Vorsicht erfolgen (Gefahr der kompressiven Schädigung neuronaler Strukturen im Sacrum). (40,41)

Ist der Patient nach 20 – 30 Minuten nach wie vor hämodynamisch instabil, oder ist nur durch eine massive Volumentherapie eine suffiziente Kreislaufsituation aufrecht zu erhalten, wird spätestens jetzt eine chirurgische Blutstillung durchgeführt. Über eine lokal platzierte Tamponade wird eine Blutung des präsakralen oder prävesicalen Plexus gestillt. (38,41)

## **1.11 Notfalltherapie der Beckenringfraktur bei Kreislaufinstabilität:**

Grundlage für das Überleben des Patienten ist das Erkennen, ob die Beckenfraktur mit einer lebensbedrohlichen Blutung einhergeht. 3% aller Frakturen im Beckenbereich zeigen eine deutlich erhöhte Neigung zu einer hämodynamischen Instabilität. (37) Ein Patient mit einem Hb von < 6mg/dl, bei einer Beckenringfraktur und einer pelvinen Massenblutung wird nach dem Beckentraumaalgorithmus behandelt.(37) Diese Notfalldiagnose stellt eine Indikation für eine rasche operative Intervention zur Blutstillung und somit zur Lebensrettung dar. Durch Innenrotation und einen axialen Zug an der Extremität werden Symphysenzerreissungen, Iliosacralabrisse und transiliakale Frakturen in die Nähe ihrer ursprünglichen Lage zurückgebracht und sollten im Anschluss mit einer geeigneten Methode fixiert werden. (37)

Als praktisches Instrumentarium haben sich hier der Beckengürtel, eine Vakuummatratze, eine Tuchumschlingung, die Beckenzwinge oder der Fixateur externe behauptet.

Die ATLS®-Richtlinien(36) fordern, dass eine lebensbedrohliche Blutung innerhalb einer Stunde kontrolliert werden soll. (27,37)

*„Das Konzept der Notfallbehandlung der instabilen Beckenringverletzung mit potentiell lebensbedrohlicher Kreislaufinstabilität besteht in der möglichst frühzeitigen mechanischen Stabilisierung des Beckenrings durch nichtoperative (Vakuummatratze, Beckengürtel, Tuchumschlingung) oder operative (Notfallbeckenzwinge, Fixateur externe, Beckenosteosynthese) Maßnahmen. Bei fehlendem „response“ und weiteren Blutverlusten wird eine Beckentamponade angeschlossen, in Ausnahmefällen danach eine Embolisation durchgeführt. Entscheidend ist die sofortige Durchführung der Maßnahmen, um Blutverluste und den Verbrauch von Gerinnungsfaktoren zu minimieren und das weitere Auskühlen des Patienten mit weiterer Verschlechterung der Gerinnungssituation zu verhindern...“ (42)*

### **1.11.1 Externe Fixation:**

Die externe Fixation einer hämodynamisch instabilen Beckenringverletzung sollte schnellst möglich erfolgen und eine Stabilisierung sowie Reposition des Beckenringes erreichen. Eine Beckenzwinge wird unter Bildwandlerkontrolle angelegt und erreicht durch eine Kompression des hinteren Beckenringes ein mögliches Sistieren der Blutung. Die Positionierung erfolgt beidseits auf Höhe des Iliosacral-Gelenks auf einer gedachten Linie, zwischen Spina iliaca anterior superior und posterior superior, welche sich mit einer gedachten Linie von der tastbaren Hinterkante des Trochanter major kreuzt. An diesem Punkt wird eine Inzision durchgeführt und der Dorn der Zwinge eingebracht. Die transiliacale Fraktur stellt eine Kontraindikation dar. Werden die Pins zu ventral positioniert, können selbige durch den Knochen ins Becken gelangen und dort weitere Verletzungen verursachen. Bei zu hohem lateralem Druck durch die Zwinge und transforaminalen Sakrumfrakturen kann es zu neurologischen Defiziten der sakralen Wurzeln kommen. (23,43)

Der Fixateur externe funktioniert ähnlich der Beckenzwinge benötigt aber mehr Zeit in der Montage, sollte jedoch bei richtiger Anwendung stabiler als diese sein. Eine Stichinzision wird auf der gedachten Linie zwischen Spina iliaca anterior superior und Trochanter major durchgeführt, und unter Bildwandlerkontrolle werden die Schanzschrauben oberhalb des Spina iliaca anterior inferior in 45° Richtung dorsal und 30° nach cranial eingeschraubt. Eine alternative stellt die Pin-Insertion am Beckenkamm dar. (23,43)

Kommt es unter ausreichender Substitution von Blut- und Gerinnungsprodukten zu einem Sistieren der Blutung oder Besserung der Kreislaufsituation, spricht man von einem „responder“. Nun kann eine weitere Diagnostik und Therapieplanung vorgenommen werden. Sollte es nach 15-20min zu keiner Stabilisierung kommen, handelt es sich um einen „non-responder“ und es müssen weitere Maßnahmen der Blutstillung veranlasst werden. (15,23,37,43)

### **1.11.2 Pelvine, extraperitoneale Tamponade:**

Bei instabilen Beckentraumen kommt es in 80-90% der Fälle zu einer massiven venösen Blutung aus dem prävesikalen und präsakralen Venenplexus und den sehr gut durchbluteten spongiösen Frakturflächen. Konnte eine Blutstillung oder

Stabilisierung des Kreislaufes mittels externer Fixation nicht bewerkstelligt werden, wird über einen infraumbilikalischen Längsschnitt (Zugang nach Stoppa) das kleine Becken eröffnet. In den vom Trauma gebildeten Hohlraum, welcher retroperitoneal, präsakral und prävesikal liegt, werden Rollen und Bauchtücher eingelegt um den Raum damit auszutamponieren. Diese Methode ist chirurgisch einfach, überall durchführbar und stellt eine äußerst effektive Maßnahme zur venösen Blutstillung dar. Die früher angewandte primäre explorative Unterbauchlaparotomie wurde zu Gunsten einer primären Stabilisierung des Beckens ausgesetzt und wird nur mehr in besonderen Fällen empfohlen. (14,27,36,37,43)

### **1.11.3 Interventionelle Notfallembolisation von Beckenarterien:**

Durch Einsatz der Computertomographie mit Kontrastmittel in der Frühdiagnostik können aktive Blutungen anhand von Hämatomen und Kontrastmittelaustritt aus dem Gefäß dargestellt werden. Nach Durchführung einer Angiographie, kann nun die Blutungslokalisierung erfolgen und in weiterer Folge sofort mittels transarteriellen Katheterembolisation (TAE) interveniert werden. In einer Vielzahl von Publikationen wird diese Art der Blutstillung mit einer hohen Erfolgsrate beziffert und als komplikationsarm beschrieben. Teilweise wird sogar über eine Empfehlung als Deduktionsverfahren bei fehlender hämodynamischer Instabilität oder Blutungsnachweis bei entsprechenden Verletzungsmustern gesprochen. (44) Bei diesem Verfahren wird in zwei unterschiedlichen Methoden versucht den Blutfluss proximal der Läsion oder direkt an oder distal der Läsion (superselektiv) mittels Embolisation zu reduzieren. Als bevorzugtes Embolisationsmaterial werden Metallspiralen („Coils“) in unterschiedlichen Größen, feste Partikel aus Polyvinylalkohol (Contur®) oder ein Gelatineschwamm (Gelform®) verwendet. Alternativ dazu können Gewebekleber (Bucrylate®) oder ein Okklusionsgel (Ethibloc®) angewandt werden. (44)

In Seldinger-Technik wird ein Katheter in die A. femoralis oder A. brachialis eingebracht und über die Beckengefäße eine angiographische Übersicht erstellt. Der 5-F-Standard-Pigtail-Katheter wird im Anschluss durch einen 4-F- oder 5-F-Multipurpose-Katheter ersetzt und mittels „Cross-over-Technik“ in die iliakale Strombahn vorgeschoben. Mit Coils und gegebenenfalls zusätzlichem Gewebekleber wird der blutende Gefäßabschnitt verschlossen, im Sinne einer stabilen

Thrombusbildung. Eine Minderperfusion der nachgeschalteten Organe und Versorgungsgebiete sollte verhindert werden. (27,43,44)

## **1.12 Definitivbehandlung:**

### **1.12.1 Konservatives Vorgehen:**

Die konservative Therapie erfreute sich in den 70er Jahren auch bei der instabilen Beckenringverletzung an Beliebtheit, wurde aber in den letzten Jahren von der operativen Stabilisierung abgelöst. Da nicht jede Klinik über eine ausreichende Erfahrung mit diesem seltenen Verletzungsmuster hat, kann es nötig sein das Trauma primär konservativ zu versorgen um einen Transport in ein Schwerpunktzentrum durchführen zu können.(43)

Grundsätzlich können alle stabilen Frakturen konservativ behandelt werden.

Bei einer Typ A-Verletzung wird dem Patient je nach Schmerzsituation für einige Tage Bettruhe mit adäquater Schmerztherapie verordnet. Daneben sollten eine antiphlogistische Therapie, Thromboseprophylaxe und eine Mobilisation mit Unterarmgehilfen unter adäquater Analgetika Verabreichung durch die Physiotherapie am ersten Tag nach Trauma erfolgen. (43)

Die stabil - eingestauchte Typ-B-Fraktur wird analog zur Typ-A therapiert. Jedoch sollte die betroffene Seite für die Dauer von 6 Wochen entlastet werden um eine sekundäre Dislokation zu vermeiden. Im diese frühzeitig zu erkennen sind engmaschige Röntgenkontrollen von Nöten. (43)

Eine instabile unverschobene Fraktur wird nur mehr in seltenen Fällen konservativ behandelt (Kontraindikation, Operationsablehnung durch den Patienten), da der Patient 4-6 Wochen Bettruhe einhalten muss. Bei sekundärer Dislokation wird eine Extensionsbehandlung, gegebenenfalls mit geschlossener Reposition und Stabilisierung mittels Fixateur externe angestrebt. (43)

Die instabile Fraktur zeigt bei rein konservativer Therapie massive Erhöhung an Komplikationen und Wundheilungsstörungen. Eine reine Extensionsbehandlung wird daher nur mehr in Ausnahmefällen durchgeführt. Man sollte aber auch hier nicht auf die Fixierung durch Beckenzwinge oder Fixateur externe vergessen, da dies für das Überleben des Patienten essentiell sein kann. (43)

Wurde früher noch zur lateralen Kompression die „Hängematte“ (Beckenschwebe) angewandt, wird diese aufgrund der erschwerten Pflege von Mehrfachverletzten als obsolet angesehen. (43)

### **1.12.2 Operatives Vorgehen**

Bei Typ-A-Verletzungen zeigt sich nur in seltenen Fällen eine Indikation zur operativen Intervention. In den meisten Fällen reicht es den Patienten analgetisch abzudecken und möglichst bald wieder vollständig zu mobilisieren. Eine kurzfristige Zuhilfenahme von Gehhilfen kann je nach Ausmaß der Schmerzsituation angezeigt sein. (14,43)

Durch die bestehende teilweise dorsal erhaltene Stabilität beschränkt sich das Vorgehen bei Typ-B-Verletzungen auf die Fixierung des vorderen Beckenrings. Standardisierte Verfahren haben sich je nach Verletzungsregion eingebürgert.

Bei der Symphysen-Fixation wird der Zugang mittels Pfannenstiel-Querinzision oder einer Längsinzision bei bereits stattgefundenener Laparotomie gewählt. Nachdem die Linea alba längsgespaltet ist und der meist ausgerissene Rectusansatz neu inseriert wurde, wird die Symphyse mittels einer oder zwei (perpendicularärer) 4,5 mm AO-DC-Platten (die Schrauben werden kraniokaudal eingebracht) stabilisiert. (14,43)

Eine transpubische Fraktur kann mit einer Kriechschraube stabilisiert werden. Selbiges gilt für instabile Verletzungen des SI – Gelenkes. Hier kann zusätzliche Stabilität durch den kombinierten Einsatz eines Fixateur externe erzielt werden. Die ventrale und dorsale und damit verbundene vertikale Instabilität gilt es bei der Typ-C-Verletzung zu therapieren. Hier benötigt es einer genauen präoperativen Planung und Überlegung, ob die Fraktur über einen oder mehrere Zugänge stabilisiert werden kann. Eventuell ist der Patient intraoperativ umzulagern. Frakturen an der gesamten Beckeninnenseite können über den klassischen Zugang nach Letournel erreicht werden. Jedoch kommt es zu einer ausgedehnten Weichteilalteration, sodass heute die schonenderen Zugänge nach Stoppa und Olerud favorisiert werden. Ist eine Stabilisierung von dorsolateral notwendig, steht hier der Zugang nach Kocher – Langenbeck zur Verfügung. Als Osteosynthesematerial empfehlen sich 3,5 oder 4,5 mm Rekonstruktionsplatten.

Bei rein sakroiliakalen Luxationen ist die ventrale Plattenosteosynthese Mittel der Wahl. Kann die Reposition geschlossen erfolgen, ist eine perkutane Zugschraubenfixierung unter Bildwandlerkontrolle möglich. (14,43)

Die operative Versorgung der Sacrumfraktur erfolgt in Bauchlage und wird durch eine dorsale Plattenosteosynthese fixiert, alternativ kann auch hier bei gutem Repositionsergebnis eine transiliosakrale Zugschraubeosteosynthese durchgeführt werden. (14,43)

### **1.12.3 Lumbopelvine Abstützung:**

Die lumbopelvine Abstützung dient der Fixierung von Instabilitäten bzw. Dislokationen zwischen der LWS und dem Sakrum sowie des Beckenringes. Diese Verletzungsmuster erzeugt eine massive globale Instabilität des gesamten Beckenringes. Der Zeitpunkt der Intervention ist abhängig von den Begleitverletzungen und Weichteilschäden. Ist eine Stabilisierung des vorderen Beckenringes notwendig, ist diese vor der dorsalen Stabilisierung in Rückenlage durchzuführen. Der Zugang für die lumbopelvine Stabilisierung erfolgt in Bauchlage über eine Mittellinieninzision um an den lumbosacralen Übergang zu gelangen. Nach der Mobilisation der Dornfortsätze L4-S3 und des Fettgewebes wird die Faszie des M. erector Spinae durchtrennt und der Muskel abgelöst. Geht man nach lateral, erreicht man nun die Spina iliaca posterior superior. Vor der Reposition der Fraktur werden die Pedikel- und Iliumschrauben positioniert um als Repositionshilfen dienen zu können. Um eine ausreichende Stabilität zu gewährleisten, kann es von Nöten sein mehrere Segmente mit einzuschließen. Bei neurologischen Defiziten und frakturbedingten Sacrankanaleinengungen in der Bildgebung wird zusätzlich eine sakrale Laminektomie durchgeführt. Mittels eines Gestänges werden abschließend die Wirbelkörper von L5 und eventuell L4 über die Pedikelschrauben und die Iliumschrauben an des Os Ileum fixiert. (43,45)

### **1.12.4 Traumatische Hemipelvektomie:**

Zeichen einer traumatischen Hemipelvektomie sind: (37)

- Hochgradige Beckeninstabilität (absolute Translokationsinstabilität)
- Pulslose Extremität bei Verdacht auf Gefäßläsion in Beckenhöhe

- Zunehmende Schwellung im Leistenbereich oder zunehmender Blutaustritt unter Schocktherapie
- Posteriore Abtrennung der Beckenhälfte in der Beckenübersichtsaufnahme

Als erste Maßnahme der Versorgung erfolgt die manuelle Kompression und Tuchumschlingung des Beckens um die Zeit bis zur Notoperation zu überbrücken. Gleichzeitig sollten ausreichende Blutersatzprodukte bestellt oder bereitgestellt werden. Ein weiteres Vorgehen wird im Operationssaal an den entsprechenden Befund angepasst. (37)

Ist der Plexus lumbosacralis ausgerissen oder stark elongiert, die hinteren Strukturen des Beckenringes komplett rupturiert und die A. iliaca communis oder interna durchtrennt oder auf langen Strecken zerstört, wird die Hemipelvektomie chirurgisch vervollständigt. (37)

Zeigt sich der Plexus lumbosacralis intakt, ein mäßiger pelviner Weichteilschaden, und die Gefäßläsionen sind „scharf“ durchtrennt oder kurzstreckig, spricht man von einem komplexen Beckentrauma mit Weichteilschaden, und eine Gefäßrekonstruktion mit osteosynthetischer Beckenstabilisierung erscheint sinnvoll. (37)

#### **1.12.5 Versorgung der „Morel-Lavallé-Verletzung“:**

Hingegen zu früheren Meinungen, dass kleine Inzisionen und Drainagen ausreichen, wird heute eine offene Wundversorgung in Kombination mit der chirurgischen Frakturversorgung empfohlen. Mittels Längsinzision durch das Zentrum der Läsion, die Schnittlänge orientiert sich an der Größe der Wundhöhle, wird eine möglichst gute Wunddrainage gesetzt. Das Entfernen von Weichteilnekrosen sowie jetlavagieren hat sich bewährt. Die Wunde wird im Anschluss locker mit Rollen ausgelegt und mit einem lockeren sterilen Verband verschlossen. Bei großen Defekten steht heute ebenfalls die Vakuum – Verband – Therapie zur Verfügung. (37)

### ***1.13 Thrombembolische Komplikation:***

Da es im Rahmen von hämodynamisch instabilen Beckenringfrakturen meist zu ausgedehnten Begleitverletzungen kommt, sind durch das Trauma selbst Komplikationen vorprogrammiert. Die Einschätzung möglicher Komplikationen der

ergriffenen Maßnahmen im Zuge des Traumamanagements zeigt sich deutlich erschwert. (46)

Die Virchow'schen Trias (Schädigung des Endothels; venöse Stase; Hyperkoagulabilität) begünstigt die Entstehung thrombembolischer Geschehen. Klinische Untersuchungen zeigen in 3% der Fälle tiefe Beinvenenthrombosen. White et al. (47) berichtet von 12% Thromboserate (Bei 60 Patienten mit instabiler Beckenringverletzung wurde eine Duplexsonographie durchgeführt). Greets et al.(48) präsentierte eine retrospektive Studie von Mehrfachverletzten. Bei 100 Patienten mit Beckentrauma wurde in 61% mittels Phlebographie eine tiefe Beinvenenthrombose und bei 29% gar eine Beckenvenenthrombose diagnostiziert. (46)

Die Lungenembolie ist eine gefürchtete Komplikation in sämtlichen Bereichen der Traumatologie. Poole et al. (49) berichtet von einem Patientengut von 236 Beckenfrakturen, bei denen es in 2,1% der Fälle zu einer Lungenembolie kam. Erstaunlich ist, dass keiner dieser Patienten Symptome einer tiefen Beinvenenthrombose aufzeigte. Sevit und Gallagher (50) beschreiben in 28% der verstorbenen Beckentraumen eine Lungenembolie. (46)

Weitere Faktoren zur Risikosteigerung, ein posttraumatisches thromboembolisches Geschehen zu erleiden, sind ein erhöhtes Alter des Patienten (> 60 Jahre), eine genetische oder erworbene Hyperkoagulopathie, tiefe Venenthrombosen oder Lungenembolien in der Patientengeschichte, Adipositas, Nikotinabusus, neoplastische Erkrankungen oder die Einnahme von Östrogenpräparaten. (46)

Zusätzlich dazu steigt das Risiko in Kombination mit Bluttransfusionen, Frakturen von Femur und Tibia, einer chirurgischen Intervention und dem Vorliegen einer Rückenmarksläsion. (46)

Als bestmögliche Schutzmaßnahmen gilt ein in die V. cava inferior eingebrachter Filter („Cava-Schirm“), welcher eine Lungenembolie weitgehend verhindert. Dieser kann permanent oder passager eingebracht werden und fungiert prophylaktisch oder therapeutisch. In den meisten Fällen kommt es zu einer passageren Implantation vor einer Beckenoperation, bei der der Filter nach 14 Tagen wieder entfernt wird.(46)

Postoperativ wird eine „Hochrisikoprophylaxe“ mit i.v.-Heparin durchgeführt. Eine Dosierung von 150 I.E./kg KG wird empfohlen und sollte nicht unterschritten

werden. Sollte es am 3. postoperativen Tag zu keinen Komplikationen im Sinne von Nachblutungen etc. kommen, wird die Dosis verdoppelt. Bei Mobilisierung des Patient wird auf eine subcutane Verabreichung umgestellt, welche ab freier Mobilisation für mindestens 3 Wochen aufrechterhalten wird. (46)

## 2 Material und Methoden

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht den aktuellen Stand in der Traumaversorgung bei komplexen Beckenringverletzungen, welche eine hämodynamische Instabilität aufweisen, anhand eines Literatur-Reviews.

Neben geltenden Richtlinien wurde auch nach aktuellen Empfehlungen gesucht und zusammengefasst.

Es wurde Literatur aus der Bibliothek der Medizinischen Universität Graz verwendet, welche zuvor eigenständig auf ihre Relevanz geprüft wurde.

Die Suche nach aktuellen, themenbezogenen und relevanten Artikeln und Publikationen erfolgte mittels elektronischer Datenbank über den lizenzierten Zugang der medizinischen Universität Graz (Pubmed, Ovid MEDLINE, Cochrane Library).

Kern der Arbeit ist es eine aktuelle Zusammenfassung der Richtlinien zu erstellen. Für die Suche auf medizinischen Datenbanken wurden folgende Suchbegriffe und Suchbegriffkombinationen verwendet:

- pelvic ring fraktur
- pelvic ring injuries
- pelvic stabilization
- external fixation pelvic
- fixation of pelvic ring fractures
- traumatic pelvic fracture
- damage control surgery
- (preperitoneal) pelvic packing
- angiographic embolization pelvic fractures
- acute treatment of pelvic trauma management
- lumbopelvic stabilization
- coagulation management in trauma

### **3 Ergebnisse**

Nach Prüfung auf ihre Relevanz wurden Arbeiten aus der Pubmed Datenbank und diversen E-Journals für diese Arbeit ausgewählt.

Zum Thema „Notfallmanagement von hämodynamisch instabilen Beckenringverletzungen“ gibt es eine große Zahl an bestehenden Arbeiten, welche nach Fragestellung, Relevanz und Aktualität ausgewählt wurden.

Der Zeitraum für die Suche wurde auf die letzten 10 Jahre eingegrenzt.

Ebenso wurden nur Arbeiten, welche mit dem lizenzierten Zugang der Medizinischen Universität Graz, aufrufbar waren, berücksichtigt.

In der folgenden Gliederung werden die einzelnen Suchergebnisse nach Subüberschriften besprochen:

#### ***3.1 präklinisches Management:***

Bei der Suche nach „acute treatment of pelvic trauma management“ finden sich im Pubmed insgesamt 467 Reports aus den letzten 10 Jahren.

Zu „pelvic stabilization“ finden sich 431 Publikationen.

In weiterer Folge wurden die gefundenen Veröffentlichungen grob durchgearbeitet und auf ihren Zusammenhang in puncto „traumatische Beckenringfraktur“ geprüft.

Dabei konnte ein kleines Gebiet von acht Arbeiten, welche sich insbesondere mit der präklinischen Beckenstabilisierung beschäftigen, eingegrenzt werden.

Eine große Herausforderung stellt das Erkennen dieser oft komplexen Verletzung dar. Dies kann durch eine genaue Anamnese (Unfallhergang, Zeugenbefragung, etc.) bewerkstelligt werden.

Das präklinische Management der hämodynamisch instabilen Beckenringverletzung soll sich, wie durch mutlizentrische Studien bewiesen wurde, an der mechanischen Stabilität des Beckenringes, der Kreislaufssituation und der Blutungssituation des Patienten orientieren.

Die laterale und ventrale Stabilitätsprüfung gefolgt von der Beckenstabilisierung (Beckengurt oder Tuchumschlingung) mit kombinierter Innenrotation beider Beine, wird in sämtlichen Arbeiten als wichtiges Glied in der präklinischen Versorgung gesehen. (51-58)

### **3.2 Schockraummanagement:**

Mit dem Suchbegriff „pelvic ring treatment“ konnten via Pubmed 673 Arbeiten aus den letzten 10 Jahren gefunden werden.

Durch den lizenzierten Zugang konnten 100 Ergebnisse vollständig eingesehen werden.

Nach Empfehlungen für eine angiographische Embolisation wurde mittels „angiographic embolization pelvic fractures“ gesucht und 36 Texte aus den letzten 10 Jahren gefunden.

Sieben Resultate aus den letzten sieben Jahren konnten mit lizenziertem Zugang eingesehen werden. (55,59-64)

Grundsätzlich sollte nach einer Bildgebung mittels CT oder Kontrastmittel-CT (welche ehest möglich durchzuführen sind) entschieden werden, von welcher Vorgehensweise der Patient am meisten profitiert.

Zeigt sich beim hämodynamisch stabilen Patienten ein „arterieller Flush“ in der Computertomographie, so wäre eine angiographische Embolisation als First-Line-Therapie zu überlegen.

Weist der Patient hingegen eine Kreislaufinstabilität auf, so sollte er direkt in den Operationssaal überführt werden um eine Blutstillung mittels „pelvic packing“ und eine operative mechanische Stabilisierung des Beckens erfolgen.

Sollte postoperativ die Blutung persistieren, könnte danach additiv eine angiographische Embolisation durchgeführt werden.

### **3.3 operative Versorgung:**

Bei der operativen Versorgung wurde hier auf die Anwendung von „Beckenzwinge“ und „Fixateur externe“ Wert gelegt, da diese Techniken rasch und relativ einfach durchführbar sind.

Mit den Suchbegriffen „pelvic ring fracture“ fanden sich 487 Arbeiten aus den letzten 10 Jahren, von denen 77 als freier Volltext einsehbar waren. Bei „external fixation pelvic“ fanden sich 42 freie Texte.

Ich suchte nach aktuellen Empfehlungen aus den letzten zwei Jahren, welche sich mit der Fixation von komplexen Beckenringtraumen beschäftigten.(45,53,55,59,62-66)

Gleich wie bei der präklinischen Stabilisierung ist auch hier primär die Stabilitätsprüfung des Beckens und die Kreislaufsituation des Patienten für die weitere Intervention entscheidend.

Zeigt sich bei einem Patienten eine hämodynamische Instabilität so kann noch im Schockraum mittels Beckenzwinge oder Fixateur externe eine Stabilisierung erfolgen und im Anschluss im Operationssaal eine extraperitoneale Blutstillung, mittels Tamponade durchgeführt werden.

### **3.4 Gerinnungsmanagement:**

Dieses Thema präsentiert sich in den Datenbanken als ein sehr umfangreiches. Zum Stichwort „coagulation management in trauma“ konnten aus den letzten 10 Jahren 139 freie Texte gefunden werden.

Ich konzentrierte meine Ergebnisfindung auf zwei Publikationen aus 2013 und 2014, welche sich genau mit dem Gerinnungsmanagement von polytraumatisierten Patienten beschäftigen.(67,68)

Ein unmittelbares und aggressives Flüssigkeitsmanagement in der Präklinik ist für den weiteren Verlauf von absoluter Relevanz und beinhaltet eine restriktive Volumengabe am Unfallort, welche möglicherweise eine permissiven Hypotension zur Folge hat.

Unabdingbar ist die Kontrolle von Körpertemperatur und Säure-Basen-Haushalt. Eine frühzeitige Regulation einer Fibrinolyse kann das Outcome des Patienten wesentlich verbessern, da eine traumainduzierte Koagulopathie ein prognostisch sehr ungünstiger Faktor ist.

Besondere Vorsicht ist bei Patienten unter neuer oraler Antikoagulation geboten.

## 4 Diskussion

### **4.1 präklinisches Management:**

Nach Rommens et.al. (52) zeigt sich bei bis zu 25% der schwerstverletzten Patienten eine Beckenverletzung, welche sich aber nur in 5,6% als komplexes Trauma vom Typ C präsentiert.

Wie aus den oben genannten Ergebnissen ersichtlich ist eine Beckenstabilisierung in der Präklinik und in der Klinik ein wesentlicher Teil des Beckentraumamanagements. Nicht nur die Stabilisierung ,sondern auch die mögliche Eigentamponade einer intrapelvinen Blutung können durch Beckenzwinge, Fixateur externe ,in der Präklinik ebenso durch einen Beckengurt oder eine Tuchumschlingung anbehandelt werden. Es liegt am Notarzt und am Schockraumteam eine solche Extremsituation zu erkennen und dementsprechend zu handeln.

Croce et. al. (69) berichtet 2007, dass die Anwendung von stabilisierenden Hilfsmitteln in der Präklinik zu einer Reduktion des Transfusionsbedarfs in den folgenden 24 bis 48 Stunden nach Trauma geführt hat. Außerdem zeigt diese Gruppe einen kürzeren Krankenhausaufenthalt und eine niedrigere Mortalität.

Diese Ergebnisse können aber nur bei einer korrekten Positionierung erzielt werden. Ebenfalls von Bedeutung ist der Druck, mit welchem die Stabilisierung erfolgt. Bei zu hohem Druck (ab 9,3 kPa für 2-3h) kann es zu Haut- und Weichteilnekrosen, wie auch zu Nervenläsionen kommen, daher sollte der Druck auf das Gewebe mittels Manometer überprüft und gegebenenfalls adaptiert werden.(59)

Die Anwendung ist einfach und nur wenige Dinge sind zu beachten.

Die Anlage des Beckengurtes erfolgt auf Höhe der Trochanter majores. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass es zu keinen Druckstellen vom Beckengurt durch Faltenbildung kommt, da diese zu frühzeitigen Hautnekrosen führen können. Der Zug am Gurt kann bis in den Operationssaal belassen werden, sollte nur bei unbeabsichtigter Manipulation gegebenenfalls korrigiert werden. Durch die Flexion und Innenrotation im Hüftgelenk wird eine Reposition erleichtert.

Die Durchführung einer Laparotomie ist bei korrekt angelegtem Fixateur externe als auch liegender Beckenzwinge oder Beckengurt möglich.(25,43,57)

Bei einer Untersuchung zur Anwendung von Beckentüchern, konnte durch richtige Anlage der Frakturspalt an der Symphyse bei Typ-B- und Typ-C-Verletzungen deutlich verschmälert werden. Kommt es zu einem Auseinanderklaffen der Symphyse von circa 3 cm, so verdoppelt sich das intrapelvine Fassungsvermögen von 6l auf bis zu 12l. (70)

Die Blutungsquellen können in seltenen Fällen die A. iliaca interna, die A. iliolumbalis, A. glutea superior, häufiger jedoch die beiden Venenplexus prävesicalis und präsacralis sein. (70)

Sind diese Verletzungen mit einer Fraktur des Sakrums, unter Umständen mit einer Beteiligung der Neuroforamina kombiniert, oder handelt es sich um eine Beckenringfraktur mit Lateralkompression, kann ein zu ungestümes Verwenden des Tuches zu Läsionen des sakralen Nervenplexus oder gar zu Verletzungen der Beckenorgane führen.(70)

Aufgrund des massiven Volumenfassungsvermögens des intrapelvinen Raumes ist es unabdingbar neben der Stabilisierung auch das Augenmerk auf das Blutungsmanagement zu legen. (24,46,71)

#### **4.2 Schockraummanagement:**

Die Verdachtsdiagnose „instabiles Beckentrauma“ besteht nach ventraler und lateraler Kompression des Beckengürtels. Zeigt sich hierbei eine massive Beweglichkeit der Beckenschaufel gegenüber dem restlichen Stammskelett, so kann man von einer vertikalen Rotationsinstabilität ausgehen.

Das Erkennen einer möglichen Einblutung in den intrapelvinen oder retroperitonealen Raum ist von oberster Priorität. Im Falle einer Blutung muss auch an eine eventuelle Verletzung von Rektum, Vagina und Urethra gedacht werden und eine dementsprechende Diagnostik eingeleitet werden.

Die eventuell bereits präklinisch angebrachte Beckenstabilisierung (SAM PelvicSling™, T-Pod®, etc.) soll nicht vor Abschluss der radiologischen Diagnostik abgenommen werden.

Beim Umlagern auf die Schockraumliege oder CT-Liege ist auf eine achsengerechte Stellung des Patienten zu achten. (51)

Eine im Schockraum leicht und schnell durchzuführende Methode um eine Typ B oder Typ C Verletzung zu versorgen ist der Fixateur externe. Dieser kann

innerhalb von 15 bis 20 Minuten angelegt und unter Bildgebung ausgerichtet werden. Leider stabilisiert der Fixateur externe nur den vorderen Beckengürtel ausreichend. Der Hintere kann zusätzlich mit einer Beckenzwinge fixiert werden. Damit kommt es zu einer lateralen Kompression der Iliosakralgelenke und laut Ganz et al. (72) auch zu einer effektiven Beckentamponade.

Tiemann et al. zeigt in seiner Beobachtung von 28 Patienten mit Beckentrauma, welche eine Instabilität des hinteren Beckenrings aufwiesen, dass die überlebenden 21 Patienten (75%) durch die C-Klemmung mittels Beckenzwinge, eine Stabilisierung der Kreislaufsituation innerhalb von 6 Stunden erfahren haben. Der Bedarf an Bluttransfusionen ging innerhalb von 5 Stunden deutlich zurück. (60)

Als „in extremis“ wird von Gänsslen (73) eine Gruppe an Patienten definiert, welche rund 2% der Beckenfrakturen ausmacht. Sie zeigen einen systolischen Blutdruck von unter 70 mmHg, hohen Katecholaminbedarf trotz massiver Bluttransfusion in den ersten 2 Stunden nach Einlieferung. Diese Patienten profitieren wesentlich von einer raschen externen Stabilisierung. Nach Durchführung derselbigen, soll eine sofortige extraperitoneale Beckentamponade erfolgen. So kann in 80-90% der Fälle eine Blutung des venösen Plexus präsakralis zum Sistieren gebracht werden. Zeigt sich auch danach kein Anstieg der Hämoglobinkonzentration, muss an eine selektive Angioembolisation gedacht werden.

Nach Marzi et al. (59) ist die angiographische Embolisation das optimale Mittel zur Findung und Stillung arterieller Blutungen. Im Gegensatz dazu führen mechanische Stabilisierung und chirurgische Blutstillung bei der venösen Blutung oder Blutungen aus Frakturen zum Erfolg. Leider gibt es immer noch keine genaue Empfehlung, wann eine Embolisation durchgeführt werden soll.

Die Reihenfolge von Angiographie, mechanischen Stabilisierung und der explorativen Eröffnung mit Beckentamponade werden weiter diskutiert.

Frühes Ausbluten mit Schock und Massivtransfusion sind nach wie vor die primären Todesursachen.

Eine erste Entscheidung sollte vom hämodynamischen Zustand des Patienten und dem Befund des Kontrastmittel-CT's abhängig gemacht werden. So wird beim „non-responder“ eine sofortige operative Intervention empfohlen, welche eine mechanische Stabilisierung und eine Beckentamponade beinhaltet. Anschließend

sollte entschieden werden, ob eine angiographische Embolisation zusätzlich notwendig ist. Die Embolisation ist nur beim „responder“ das erste Mittel der Wahl, und auch nur dann, wenn sich ein entsprechendes Extravasat im Kontrastmittel-CT zeigt.

Die verwendete provisorische Beckenstabilisierung sollte bis zur definitiven operativen Sanierung in ihrer Position belassen und gegebenenfalls nur adaptiert werden.

Die pelvine Angiographie mit Kontrastmittel zeigt beim Beckentrauma eine Genauigkeit von 98% bei der Erkennung von intrapelvinen Blutungen. In 10% der Fälle handelt es sich um eine arterielle Blutung, welche mit interventioneller Embolisation adäquat therapiert werden kann. Eine kombinierte Kreislaufinstabilität ist hier nicht selten anzutreffen. (59)

2002 veröffentlichte Velmahos et al. (74) eine Studie mit 100 Patienten, an welchen eine Angiographie zur Blutungslokalisierung bei Beckenfraktur oder einer viszeralen Verletzung durchgeführt wurde. Aufgrund einer Instabilität des Kreislaufs, eines Kontrastmittelextravasats im CT oder einer direkten Gefäßverletzung wurden 80 Patienten embolisiert. 95% der Interventionen waren erfolgreich.

Bei einer anderen Studie kam es bei 20% der Patienten am Kathetertisch zu einem nicht reanimierbaren Herzkreislaufstillstand. (75)

Eine Standardanwendung der Beckenangiographie wird derzeit noch nicht empfohlen, da sie zeitraubend ist. Es kann zu einer Verzögerung von 50min und bei Transport in ein Schwerpunktzentrum gar von bis zu 5,5h kommen.(44) Weiters ist nicht in jeder versorgenden Einheit die passender Ausrüstung sowie speziell ausgebildetes Personal (Radiologen und Techniker) vorhanden.

Alternativ steht die explorative Laparotomie zur Verfügung, bei der über einen direkten Zugang die Blutung versorgt werden kann.

Die Auswahl des Verfahrens ist aufgrund der unterschiedlichen Verletzungsmuster und Gegebenheiten nicht einfach. Ein Patient in extrem instabilen Zustand wird jedoch bei richtiger Indikationsstellung von beiden Verfahren wesentlich profitieren. Auch die Kombination beider Anwendungen ist möglich.

Kickuth et al. führte zwischen 1988 und 2006 bei 60 Patienten mit hämodynamisch instabilen Beckeneinblutungen eine transarterielle Katheterembolisation durch. 46 Patienten wurden einer „superselektiven“ Embolisierung mittels Mikrokatheter und

14 einer „selektiven“ mittels diagnostischen Katheter unterzogen. 3 Patienten schieden aufgrund des Scheiterns des Katheterlegens aus der Studie aus. Als Embolisierungsmaterial wurden Coils, Spongostan, PVA-Partikel und Histoacryl verwendet. Im Kollektiv wurden insgesamt 103 Blutungen lokalisiert. Davon konnten 85% (51 Patienten) mit Erfolg zum Sistieren gebracht werden.

Durch die selektive Methode wurde der Bedarf an Bluttransfusionen von 20,4 EKs +/- 12.0 auf 7.9EKs +/- 5.5 und an kolloiden Produkten von 7.2 +/- 3.3l auf 3.4 +/- 2.7l reduziert. Die superselektive Anwendung schaffte sogar eine Reduktion der Blutkonserven von 11.2 Eks +/- 6.6 auf 4.6 EKs +/- 4.3 und der kolloiden Infusionen von 5.1 +/- 3.5l auf 1.7 +/- 1.8l, und erscheint daher der selektiven Methode überlegen.

Als Komplikationen traten sexuelle Dysfunktionen (2) Muskelschwäche (2); Sensibilitätsdefizit(1) und Harninkontinenz (1) auf. 15 Patienten verstarben.(76)

### **4.3 operative Versorgung:**

Die Beckenzwinge zeigt aufgrund der raschen (deutlich schneller als der Fixateur externe) und für den Geübten einfachen Anwendung einen deutlichen Vorteil, vor allem bei einer Instabilität des hinteren Beckenringes. Diese kann aufgrund der erhöhten Blutungsneigung deutlich dramatischer verlaufen, als die des vorderen Beckenringes.

CAVE bei komplexen Sakrumfrakturen, da es hier durch Anlage der Beckenzwinge zu Nervenläsionen kommen kann.

Die Beckenzwinge wird unter Bildwandlerkontrolle angelegt und kann somit nach möglicher Reposition die notwendige Stabilität erreichen.

Witschger et al. (61) beschreibt die Beckenzwinge als lebensrettende Maßnahme zur Kontrolle von massiver Beckeninstabilität mit begleitender intrapelviner Massenblutung. Hier kann sie in Ausnahmefällen auch ohne Bildwandler angelegt werden. Nicht angelegt werden sollte sie bei Trümmerfrakturen des Os ilium, welche nahe am Ilio-Sacral-Gelenk liegen. Dabei kann es bei fehlendem Halt des Pins zur Dislokation und Verletzung von im kleinen Becken liegender Organen und Gefäßen kommen. Eine Röntgenkontrolle sollte nach mehrmaligem Umlagern durchgeführt und gegebenenfalls die Lage der Zwinge adaptiert werden.(61)

Der empfohlene Schockraumalgorithmus der DGU® ist auch für die Stabilisierung der cardio-pulmonalen Kreislauftsituation unabdingbar.

Sollte die Blutung trotz mechanischer Stabilisierung aufrecht bleiben, ist an eine chirurgische Intervention mittels extraperitonealer pelviner Tamponade oder interventionellem Verfahren mittels Katheterembolisation als Option zu denken.

Eine konservative Therapie ist nach wie vor bei Typ A-Verletzungen empfohlen, außer es kommt zu Abrissen von essentiellen Muskelursprüngen. Unter einer entsprechenden Schmerztherapie ist die Mobilisation des Patienten aber meist gut möglich.

Beim Typ-B-Trauma kann grundsätzlich auch an eine konservative Therapie gedacht werden, wenn keine Instabilität oder Dislokation vorliegt. (42,43)

Grotz et al. beschreibt in einer Arbeit aus dem Jahr 2006, dass für einen optimalen Verlauf einer konservativ behandelten Fraktur, eine Stabilität im Beckenring wesentlich ist.(77)

Die Typ C-Fraktur zeigt im Großteil der Fälle eine Operationsnotwendigkeit. Die Endversorgung sollte aber nach Anlage einer Beckenzwinge oder eines Fixateur externe erst nach Stabilisierung der Vitalparameter des Patienten erfolgen.

Zeigt die Beckenzwinge gute Erfolge bei dorsaler Instabilität, ist der Fixateur externe bei der ventralen das einzige Mittel, welches ebenfalls schnell und relativ einfach angebracht werden kann. Es ist auch das am weitesten verbreitete Hilfsmittel. Innerhalb nur kurzer Zeit (4-6 Wochen) kann man, sofern die Knochensubstanz dies zulässt, eine ausreichende Eigenstabilität erreichen. Auf eine invasive Therapie, mit allen ihren Nebenwirkungen (Infektion, Blutung etc.) kann bei richtiger Handhabung und genauer Reposition verzichtet werden.(43)

#### ***4.4 Gerinnungsmanagement:***

Das Volumen- und Gerinnungsmanagement beim hämodynamisch instabilen Patienten erlebt zurzeit einen Wandel. Wurde noch vor einigen Jahren der Patient regelrecht „überwässert“, wird heute eine maximale Menge von 2l kristalloider Lösung verabreicht. Es soll eine Normovolämie kombiniert mit permissiver Hypotonie (CAVE: Ausnahme SHT => Normotonie) angestrebt werden.

Ein weiterer Schritt wäre die Anwendung von Fresh Frozen Plasma (FFP). Dies ist aber von der permanenten Neuevaluierung der hämodynamischen Situation des

Patienten abhängig. Abhängig von den lokalen Empfehlungen der nationalen Fachgesellschaften werden unterschiedlichste Verhältnisse zwischen EKs, FFPs und TKs (z.B. 1:1:1 oder 3:1:0) empfohlen. Der Nachteil von FFPs gegenüber einer gezielten Therapie mit isolierten Gerinnungsfaktoren ist die schlechte Abschätzbarkeit der Zusammensetzung der FFPs, welche vorrangig einen Volumeneffekt und erst bei größerer Menge einen Gerinnungseffekt bringen.

Bei Anzeichen eines Volumenmangelschocks profitiert der Patient von hyperonkotischen NaCl- und kolloidalen Lösungen.

Bei hypertonen Produkten sollte laut S3-Richtlinien der DGU® die Dosis von 4ml/kg Körpergewicht bei einmaliger Anwendung nicht überschritten werden. (25)

Der schockierte Patient wird nach Anwendung kreislaufstabilisierender Maßnahmen in „Non-Responder“ oder „Responder“ unterschieden.

Der „Non-Responder“ wird direkt in den Operationsaal transferiert, um ein „pelvic packing“ mit mechanischer Stabilisierung und eine eventuell folgenden Embolisierung durchzuführen. Ob eine Embolisierung wirklich nötig ist, wird durch eine genaue Evaluierung des Kontrastmittel-CT's entschieden.

Beim „Responder“ kann die Embolisierung als First-Line-Intervention durchgeführt werden, wenn man im CT eine akute arterielle Blutung findet. (52,59)

Die disseminierte intravasale Koagulopathie (DIC), welche meistens erst im weiteren intensivmedizinischen Verlauf eintritt, und die traumainduzierte Koagulopathie (TIK) sind Zustände, bei denen es aufgrund des massiven Verbrauchs von Gerinnungsfaktoren zu einer lebensbedrohlichen Verschlechterung des Patientenzustandes kommt. Wird der Patient mit kristallinen und später mit kolloidalen Infusionen, welche keine Gerinnungsfaktoren beinhalten, überwässert, so kommt es zur sogenannten Dilution, welche einer Verdünnung der Gerinnungsfaktoren des Patienten bedeutet. Es wird berichtet, dass der Fibrinogenspiegel in einem direkten Verhältnis zum Schweregrad des Traumas steht. Je mehr an Infusionen verabreicht wird, desto weniger stabil präsentieren sich die Blutgerinnsel. (67,78,79) Eine frühzeitige Thombelastographie ist zum Abschätzen des Substitutionsbedarfes daher vorteilhaft jedoch gerade bei starken Blutungen zu zeitaufwendig, sodass mit einer „blinden“ Therapie begonnen werden muss. Daher haben sich in vielen Traumazentren sogenannte Massentransfusionsprotokolle etabliert, welche bei „major bleedings“ als Anleitung für eine „blinde“ Substitutionstherapie mit EKs,

FFPs, TKs, Gerinnungsfaktoren und Fibrinolyseinhibitoren verwendet werden können.

Wird die Hypothermie in anderen Fachrichtungen zur Therapie verwendet, ist sie beim Polytrauma nicht von Vorteil. Circa 66% von polytraumatisierten Patienten zeigen bei Aufnahme im Schockraum eine Hypothermie, dies ist durch die Aussentemperatur am Unfallort, im Rettungstransportmittel, durch kühle Infusionslösungen oder durch fehlende Temperaturregulation des Patienten (Zentralisation, Schädelhirntrauma, Narkose und Relaxierung), zu erklären.

Pro Infusionslösung kann es zu einem Temperaturabfall von bis zu 0.5°C/l Lösung kommen. (80)

Eine zu niedrige Körpertemperatur schlägt sich auf enzymatischer Ebene nieder, da die meisten Gerinnungsfaktoren (FII, FIII, FVII; FIX, FXII und FXIII) und auch die Funktion der Thrombozyten bei niedrigerer Kerntemperatur in ihrer Funktion deutlich eingeschränkt sind. Dies manifestiert sich bei einer Körpertemperatur von <34 °C. Fällt die Temperatur gar auf nur 32°C so zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Mortalität durch vermehrte Blutungen des traumatisierten Patienten. (79) Katecholamine sind als letztes Mittel in der Traumaversorgung zu sehen und sollten deshalb nicht wahllos angewandt werden.

Die Azidose, der dritte Teil der „lethal triad“, entsteht aufgrund des anaeroben Stoffwechsels, verursacht durch die schockbedingte Minderperfusion der peripheren Körperregionen. Genau wie die Temperatur wirkt die pH-Veränderung auf die Gerinnungsfaktoren und es kommt zu einer direkten Abnahme der Gerinnselbildungsgeschwindigkeit. Ebenfalls zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Azidose und der Interaktion von Thrombin und Thrombozytenfunktion. Trotz der Korrektur der Azidose kommt es erstaunlicherweise nicht umgehend zu einer kompletten Remission der Gerinnungsproblematik.

Es wird daher empfohlen, eine Azidose möglichst frühzeitig zu therapieren. Aber auch hier gilt, dass „blindes Puffern“ nicht sinnvoll ist. (67,79)

Das Auftreten einer Hyperfibrinolyse geht oft Hand in Hand mit der Schwere der Verletzung und steht in direkter Verbindung zur Ausbildung eines Schockgeschehens. Als einziges Antifibrinolytikum steht die Tranexamsäure (Cyklokapron®) in Österreich zur Verfügung. Beim stark blutenden polytraumatisierten Patient oder beim Verdacht auf innere Blutungen (intrapelvin,

intraperitoneal) sollte eine Therapie mit Tranexsamsäure in der Dosierung von 10-15mg/kg KG im Bolus und weiters eine gleichmäßige Infusion mit 1-5mg/kgKG/h erfolgen. Je früher die Applikation erfolgt, desto besser ist die Wirkung auf das bereits angegriffene Gerinnungssystem.

Genauere Empfehlungen werden in den kommenden Jahren aus der laufenden CRASH-III-Studie erwartet. Die Interpretation der CRASH-II-Studie ist aufgrund von fragwürdigen Einschlusskriterien (Medikamentengabe ohne notwendiger Gabe von EKs, etc.) und fehlenden Parametern (z.B. systolischer Blutdruck) schwierig, jedoch zeigt sie bei einer sehr hohen Fallzahl eine signifikante Reduktion der Mortalität nach Gabe von Tranexsamsäure und offensichtlich keine vermehrte komplikationsrate (Thrombosen). (53,67)

## **5 Zusammenfassung**

Schwere Traumen, oft in Kombination mit Vitalfunktionsstörungen, sollen schnell erkannt und adäquat therapiert werden. Hierfür ist eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit unabdingbar, um eine optimale und patientenorientierte Versorgung zu ermöglichen. Das Gerinnungsmanagement spielt neben der „damage control surgery“ und anderen chirurgischen Maßnahmen eine wichtige Rolle und sollte früh genug in Angriff genommen werden. So können sekundäre Folgeschäden und auch intraoperative Komplikationen reduziert werden. (53)

## 6 Literaturverzeichnis

- (1) Anderhuber F, Filler TJ, Pera F, Peuker ET. Innere Organe in Thorax, Abdomen und Becken; Becken, Pelvis, Beckenhöhle, Cavitas pelvis. In: Anderhuber F, Pera F, Streicher J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage ed.: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG; 2012. p. 601.
- (2) Anderhuber F, Filler TJ, Pera F, Peuker ET. Innere Organe in Thorax, Abdomen und Becken; Becken, Pelvis, Beckenhöhle, Cavitas pelvis. In: Anderhuber F, Pera F, Streicher J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage ed.: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG; 2012. p. 601-611.
- (3) Streicher J, Pretterklieber ML. Bewegungsapparat<br />Untere Extremität, Membrum inferius Articulatio coxae (coxofemoralis), Hüftgelenk. In: Anderhuber F, Pera F, Streicher J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage ed.: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG; 2012. p. 342.
- (4) Thiel W. Becken, Pelvis - Geschlechtsunterschiede. In: Hafferl A, Thiel W, editors. Lehrbuch der Topographischen Anatomie. 3. Auflage ed.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1969. p. 562.
- (5) Anderhuber F, Filler TJ, Pera F, Peuker ET. Innere Organe in Thorax, Abdomen und Becken; Beckenboden, Diaphragma pelvis et Diaphragma urogenitale, und Damm, Perineum. In: Anderhuber F, Pera F, Streicher J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage ed.: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG; 2012. p. 612.
- (6) Anderhuber F, Filler TJ, Pera F, Peuker ET. Innere Organe in Thorax, Abdomen und Becken; Beckenboden, Diaphragma pelvis et Diaphragma urogenitale, und Damm, Perineum. In: Anderhuber F, Pera F, Streicher J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage ed.: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG; 2012. p. 612-617.
- (7) Thiel W. Becken, Pelvis - Geschlechtsunterschiede. In: Hafferl A, Thiel W, editors. Lehrbuch der Topographischen Anatomie. 3. Auflage ed.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1969. p. 558-583.
- (8) Anderhuber F, Filler TJ, Pera F, Peuker ET. Innere Organe in Thorax, Abdomen und Becken; Beckenboden, Diaphragma pelvis et Diaphragma urogenitale, und Damm, Perineum. In: Anderhuber F, Pera F, Streicher J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage ed.: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG; 2012. p. 619.
- (9) Pohlemann T, Gänsslen A, Hüfner T. Biomechanik und Pathibiomechanik. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 35-39.

- (10) Pohlemann T, Gänsslen A. Epidemiologie der Beckenringverletzungen. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 63.
- (11) Pohlemann T, Gänsslen A. Epidemiologie der Beckenringverletzungen. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 63-66.
- (12) Pohlemann T, Regel G, Tscherne H. Klassifikationen und Begriffsbestimmungen. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 47-61.
- (13) Pohlemann T, Gänsslen A. Epidemiologie der Beckenringverletzungen. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 66.
- (14) Culeman U, Günther K, Pohlemann T, Rüter A. Beckenring und Hüftgelenk. In: Scharf H, Rüter A, Pohlemann T, Marzi I, Kohn D, Günther K, editors. Orthopädie und Unfallchirurgie. 2.,korrigierte Auflage ed.: Urban & Fischer; 2008. p. 709-804.
- (15) Grob K. Verletzungen des Beckens. In: Grifka J, Kuster M, editors. Orthopädie und Unfallchirurgie: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2011. p. 687-709.
- (16) Pohlemann T, Weigel B, Maghsudi M. Becken. In: Weigel B, Nerlich M, editors. Praxisbuch Unfallchirurgie. 2. Auflage ed.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2011. p. 469-504.
- (17) Lehnert M, Marzi I. Polytrauma. In: Scharf H, Rüter A, Pohlemann T, Marzi I, Kohn D, Günther K, editors. Orthopädie und Unfallchirurgie. 2.,korrigierte Auflage ed.: Urban & Fischer; 2008. p. 385-414.
- (18) Stevenson M, Segui-Gomez M, Lescohier I, Di Scala C, McDonald-Smith G. An overview of the injury severity score and the new injury severity score. *Inj Prev* 2001 Mar;7(1):10-13.
- (19) Niethard F, Pfeil J, Biberthaler P. Grundlagen der Unfallchirurgie - Polytrauma-Management. In: Niethard F, Pfeil J, Biberthaler P, editors. 6., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage ed.: Georg Thieme Verlag. p. 324-330.
- (20) Bernhardt M, Dönitz S. Präklinisches Traumamanagement: Prehospital Trauma Life Support (PHTLS). Deutsche Bearbeitung durch PHTLS Deutschland und Schweiz. : Elsevier, Urban&FischerVerlag; 2012.
- (21) Nerlich M, Tscherne H. Der Trauma-Algorithmus-Entscheidungshilfe bei der Erstversorgung Schwerverletzter. *Zentralbl Chir* 1987;112(1465-1472):30.
- (22) Failing MS, McGanity PL. Unstable fractures of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Am* 1992 Jun;74(5):781-791.
- (23) Culemann U, Oestern HJ, Pohlemann T. Aktuelle Behandlung der Beckenringfraktur. *Unfallchirurg* 2013 30. August 2013;117:145-161.

- (24) Raum M. S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie 2011:39-49.
- (25) Burkhardt M, Pohlemann T, Seekamp A. S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie 2011:199-212.
- (26) Shlamovitz G, Mower W, Bergman J, Chuang K, Crisp J, Hardy D, et al. How (un)useful is the pelvic ring stability examination in diagnosing mechanically unstable pelvic fractures in blunt trauma patients? J Trauma 2009.
- (27) Culemann U, Oestern H, Pohlemann T. Aktuelle Behandlung der Beckenringfraktur. Der Chirurg 2013;84(9):809-826.
- (28) Young J, Burgess A, Brumback R. Pelvic fractures: value of plain radiography in early assessment and management. Radiology 1986;160:445-451.
- (29) Edeiken-Monroe B, Browner B, Jackson H. The role of standard roentgenograms in the evaluation of instability of pelvic ring disruption. Clinical Orthopaedics and Related Research 1989:63-76.
- (30) Berg E, Chebuhar C, Bell R. Pelvic trauma imaging: a blinded comparison of computed tomography and roentgenograms. J Trauma 1996;41:994-998.
- (31) Harley J, Mack L, Winquist R. CT of acetabular fractures: comparison with conventional radiography. AJR 1982;138:413-417.
- (32) Resnik C, Stackhouse D, Shanmuganathan K, et.al. Diagnosis of pelvic fractures in patients with acute pelvic trauma: efficacy of plain radiographs. AJR 1992;158:109-112.
- (33) Stewart B, Rhea J, Sheridan R, et.at. Is the screening portable pelvis film clinically useful in multiple trauma patients who will be examined by abdominopelvic CT? Experience with 397 patients. Emerg Radiol 2002;9:266-271.
- (34) Salomone J, Pons P. Goldprinzipien der präklinischen Versorgung von Traumapatienten. In: Salomone J, Pons P, editors. Präklinisches Traumamanagement; Prehospital Trauma Life Support (PHTLS). 2. Auflage ed.: Urban & Fischer; 2011. p. 411-420.
- (35) Kalbe P, Seekamp A, Tscheme H. Erstmaßnahmen des Notarztes. In: Tscheme H, Regel G, editors. Tscherne Unfallchirurgie 1.Band Trauma Management: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1997. p. 189-218.
- (36) Keel MJB. Traumatologische Notfälle. In: Fleischmann T, editor. Klinische Notfallmedizin: Urban & Fischer; 2011. p. 435-438.
- (37) Pohlemann T, Regel G, Bosch U, Stief C, Tscheme H. Notfallbehandlung und Komplextrauma. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 89-116.

- (38) Regel G, Pohlemann T, Tscheme H. Akutversorgung. In: Tscheme H, Regel G, editors. *Tscherne Unfallchirurgie 1.Band Trauma Management*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1997. p. 290-294.
- (39) Salomone J, Pons P. Trauma Des Bewegungsapparates. In: Salomone J, Pons P, editors. *Präklinisches Traumamanagement; Prehospital Trauma Life Support (PHTLS)*. 2. Auflage ed.: Urban & Fischer; 2011. p. 339-341.
- (40) Regel G, Wippermann B, Hüfner T. Akutversorgung. In: Tscheme H, Regel G, editors. *Tscherne Unfallchirurgie 1.Band Trauma Management*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1997. p. 68-77.
- (41) Seekamp A, Burkhardt M, Pohlemann T. Schockraummanagement bei Verletzungen des Beckens: Eine systematische Literaturübersicht. *Unfallchirurg* 2004;107:903-910.
- (42) Culeman U, Günther K, Pohlemann T, Rüter A. Beckenring und Hüftgelenk - Notfallbehandlung der komplexen Beckenfrakturen. In: Scharf H, Rüter A, Pohlemann T, Marzi I, Kohn D, Günther K, editors. *Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2.,korrigierte Auflage ed.: Urban & Fischer; 2008. p. 769.
- (43) Pohlemann T, Lobenhoffer P, Tscheme H. Therapie. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. *Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 135-188.
- (44) Westhoff J, Laurer H, Wutzler S, Wyen H, Mack M, Maier B, et al. Interventionelle Notfallembolisation bei schweren Beckenfrakturen mit arterieller Blutung: Integration in den frühklinischen Behandlungsalgorithmus. *Unfallchirurg* 2008 13. Juli 2008;111:821-828.
- (45) Roetman PD, Schildhauer TA. Lumbopelvine Stabilisierung bei bilateraler lumbosakraler Instabilität. *Unfallchirurg* 2013;116(11):991-999.
- (46) Bouillon B, Rixen D, Paffrath T. Komplikationen bei der Behandlung des Polytraumas. In: Wirth CJ, Mutschler W, Bischoff H, Püschmann H, Neu J, editors. *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*: Georg Thieme Verlag; 2009. p. 144-163.
- (47) White R, Goulet J, Bray T. Deep-vein thrombosis after fracture of the pelvis: assessment with serial duplex-ultrasound screening. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72:495-499.
- (48) Greets W, Coren K, Jay R, Chen E, Szalai J. A prospectiv study of venous thromboembolism after major trauma. *N Engl J Med* 1994;331:1601-1606.
- (49) Poole G, Ward E, Griswold J, Muakkassa F, Hsu H. Complications of pelvic fractures from blunt trauma. *Am Surg* 1992;58:532-538.
- (50) Sevitt S, Gallagher N. Venous thrombosis and pulmonary embolism: a clinico-pathological study in injured and burned patients. *Br J Surg* 1961;48:475-489.

- (51) Riepl C, Beck A, Kraus M. Präklinisches Management von Beckenverletzungen. *Der Notarzt* 2012;28(03):125-136.
- (52) Rommens PM, Heinermann M, Hessmann MH. Notfallmanagement instabiler Beckenverletzungen. *Notfall & Rettungsmedizin* 2004;7(3):151-160.
- (53) Grottke O, Spahn DR, Rossaint R. Behandlung von polytraumatisierten Patienten. *Anaesthesist* 2011;60(6):546-554.
- (54) Burkhardt M, Nienaber U, Pizanis A, Maegele M, Culemann U, Bouillon B, et al. Acute management and outcome of multiple trauma patients with pelvic disruptions. *Crit Care* 2012;16(4):R163.
- (55) Culemann U, Oestern H, Pohlemann T. Aktuelle Behandlung der Beckenringfraktur. *Unfallchirurg* 2014;117(2):145-161.
- (56) Kanakaris NK, Angoules AG, Nikolaou VS, Kontakis G, Giannoudis PV. Treatment and outcomes of pelvic malunions and nonunions: a systematic review. *Clinical Orthopaedics and Related Research®* 2009;467(8):2112-2124.
- (57) Nunn T, Cosker T, 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* 2007;38(1):125-128.
- (58) Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernández-Mondéjar E, et al. Management of bleeding and coagulopathy following major trauma: an updated European guideline. *Crit Care* 2013;17(2):R76.
- (59) Marzi I, Lustenberger T. Management of Bleeding Pelvic Fractures. *Scand J Surg* 2014 Apr 15;103(2):104-111.
- (60) Tiemann AH, Böhme J, Josten C. Emergency Treatment of Multiply Injured Patients with Unstable Disruption of the Posterior Pelvic Ring by Using the “C-Clamp”. *European Journal of Trauma* 2005;31(3):244-251.
- (61) Witschger P, Heini P, Ganz R. Beckenzwinge zur Schockbekämpfung bei hinteren Beckenringverletzungen: applikation, biomechanische Aspekte und erste klinische Resultate. *Der Orthopäde* 1992;21(6):393-399.
- (62) Abrassart S, Stern R, Peter R. Unstable pelvic ring injury with hemodynamic instability: what seems the best procedure choice and sequence in the initial management? *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2013;99(2):175-182.
- (63) Osterhoff G, Tiziani S, Ferguson SJ, Spreiter G, Scheyerer MJ, Spinaz G, et al. Mechanical testing of a device for subcutaneous internal anterior pelvic ring fixation versus external pelvic ring fixation. *BMC musculoskeletal disorders* 2014;15(1):111.
- (64) Tonetti J. Management of recent unstable fractures of the pelvic ring. An update Conference supported by the Club Bassin Cotyle.(Pelvis-Acetabulum Club). *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2013;99(1):S77-S86.

- (65) Scheyerer MJ, Zimmermann SM, Osterhoff G, Tiziani S, Simmen H, Wanner GA, et al. Anterior subcutaneous internal fixation for treatment of unstable pelvic fractures. *BMC research notes* 2014;7(1):133.
- (66) Shlamovitz GZ, Mower WR, Bergman J, Chuang KR, Crisp J, Hardy D, et al. How (un)useful is the pelvic ring stability examination in diagnosing mechanically unstable pelvic fractures in blunt trauma patients? *J Trauma* 2009 Mar;66(3):815-820.
- (67) Wilhelmi M. Gerinnungsmanagement beim Polytrauma. *Unfallchirurg* 2014;117(2):94-94.
- (68) Lindahl J, Handolin L, Söderlund T, Porras M, Hirvensalo E. Angiographic embolization in the treatment of arterial pelvic hemorrhage: evaluation of prognostic mortality-related factors. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 2013;39(1):57-63.
- (69) Croce M, Magnotti L, Savage S, Wood G., Fabian T. Emergent pelvic fixation in patients with exsanguinating pelvic fractures. *J Am Coll Surg* 2007;204(5):935-939.
- (70) Bottlang M, Krieg J, Mohr M, Simpson T, Madey S. Emergent management of pelvic ring fractures with use of circumferential compression. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2002;84(suppl\_2):S43-S47.
- (71) Pohlemann T, Hüfner T, Gänsslen A. Komplikationen. In: Tscherne H, Pohlemann T, editors. *Tscherne Unfallchirurgie, Band 4, Becken und Acetabulum*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. p. 189-204.
- (72) Ganz R, Krushell R, Jakob R, Kuffer J. The antishock pelvic clamp. *Clin Orthop* 1991;267:71-78.
- (73) Gänsslen A, Hildebrand F, Pohlemann T. Management of hemodynamic unstable patients "in extremis" with pelvic ring fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2012;79(3):193-202.
- (74) Velmahos GC, Toutouzas KG, Vassiliu P, Sarkisyan G, Chan LS, Hanks SH, et al. A prospective study on the safety and efficacy of angiographic embolization for pelvic and visceral injuries. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2002;53(2):303-308.
- (75) Niwa T, Takebayashi S, Igari H, Morimura N, Uchida K, Sugiyama M, et al. The value of plain radiographs in the prediction of outcome in pelvic fractures treated with embolisation therapy. *Br J Radiol* 2000 Sep;73(873):945-950.
- (76) Kickuth R, Triller J, Ludwig K, Heini P, Bonel H. Superselektive versus selektive Katheterembolisation bei hämodynamisch instabilem Beckentrauma: Analyse des Transfusionsbedarfs. *RöFo* 2009.
- (77) Grotz M, Gummerson N, Gänsslen A, Petrowsky H, Keel M, Allami M, et al. Staged management and outcome of combined pelvic and liver trauma: An international experience of the deadly duo. *Injury* 2006;37(7):642-651.

(78) Lampl L, Bock KH, Hartel W, Helm M, Tisch M, Seifried E. Disorders of hemostasis after polytrauma. On the extent of intrinsic fibrinolytic activity in the preclinical phase. *Chirurg* 1992 Apr;63(4):305-309.

(79) Hanke AA, Rahe-Meyer N. Traumainduzierte Koagulopathie. *Unfallchirurg* :1-4.

(80) Pabinger I, Brenner B, Kalina U, Knaub S, Nagy A, Ostermann H. Prothrombin complex concentrate (Beriplex® P/N) for emergency anticoagulation reversal: a prospective multinational clinical trial. *Journal of Thrombosis and Haemostasis* 2008;6(4):622-631.

## Lebenslauf

### Persönliche Daten:

---

- Name: Johannes Helmut Veit
- Geburtsdatum: 11.10.1988
- Geburtsort: LKH Judenburg
- Familienstand: ledig
- Staatsbürgerschaft: Österreich
- Eltern: Dr. Helmut Veit (Facharzt für Gynäkologie) und Eva Veit (Angestellte)

### Schulische Ausbildung:

---

- 1995 bis 1999 > Volksschule Judenburg
- 1999 bis 2007 > Bundesrealgymnasium Judenburg
- Reifeprüfung: Juni 2007

### Universitäre Ausbildung:

---

- Seit 2008 Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Universität Graz
- 11.05.2010 > 1. Diplomprüfung im Studium der Humanmedizin
- 03.04.2014 > 2. Diplomprüfung im Studium der Humanmedizin

### Absolvierte Famulaturen:

---

- |  |                        |                         |
|--|------------------------|-------------------------|
| • <b>Unfallchirurgie</b><br>(3 Wochen) | <b>LKH Judenburg</b>   | 06.09.2010 - 24.09.2010 |
| • <b>Unfallchirurgie</b><br>(3 Wochen) | <b>LKH Judenburg</b>   | 05.09.2011 - 25.09.2011 |
| • <b>Innere Medizin</b><br>(2 Wochen)  | <b>LKH Knittelfeld</b> | 06.02.2012 - 17.02.2012 |
| • <b>Unfallchirurgie</b><br>(4 Wochen) | <b>UKH Graz</b>        | 27.08.2012 - 21.09.2012 |
| • <b>Unfallchirurgie</b><br>(4 Wochen) | <b>LKH Judenburg</b>   | 02.09.2013 - 27.09.2013 |

### 6. Studienjahr:

---

- 1.Fächergruppe: UKH Graz Abteilung für Unfallchirurgie August/September 2014
- 2.Fächergruppe: LSF Graz Abteilung für Neurologie Oktober/November 2014
- 3.Fächergruppe: LKH Leoben/Eisenerz Abteilung für Kinder- und Jugendheilkunde April 2014
- Pflichtfamulatur Allgemeinmedizin: Ordination Dr. Wolfgang Geier (Preding) Mai/Juni 2014

## Absolvierte Spezialstudienmodule:

---

- Klinisch-topografische Anatomie der Extremitäten (Jänner 2011)
- Case-based Learning in Klinik und Praxis (Jänner 2011)
- Spezielle Notfallmedizin (April 2012)
- Notfallmedizin (Jänner 2013)
- Chirurgische Operationslehre (Februar 2013)

## Sonstige Ausbildungen und Tätigkeiten:

---

- 2003 bis 2005 Mitglied des Rot-Kreuz-Jugend des RK Judenburg
- Seit 2005 freiwilliger Mitarbeiter des Roten Kreuzes Judenburg
- April bis Oktober 2006 Ausbildung zum Rettungssanitäter
- Oktober 2006 kommissionelle Abschlussprüfung zum Rettungssanitäter mit ausgezeichnetem Erfolg
- Oktober 2007 bis Juni 2008 Zivildienst beim Roten Kreuz Judenburg
- Seit Oktober 2007 Volontär im Notarztsystem Judenburg/Knittelfeld
- Seit Mai 2012 Mitglied des „Extrication-Team“ am Red Bull Ring Spielberg
- September 2012 bis Jänner 2013 Ausbildung zum Notfallsanitäter
- Jänner 2013 kommissionelle Abschlussprüfung zum Notfallsanitäter mit gutem Erfolg
- November 2013 Erwerb der Notfallkompetenzen „Venenzugang und Infusion“ und „Arzneimittellehre“
- März 2014 Mitglied der ÖGU (Österreichische Gesellschaft für Unfallchirurgie)