

Diplomarbeit

**Sichere Positionierung der Becken C-Klemme im Rahmen der
Akutversorgung von instabilen Beckenringfrakturen**

Ergebnisse eines Trainings mit First-Time-Usern zur Umsetzung einer
theoretischen Ausbildung in die Praxis

eingereicht von

Hildegard Koller

Mat.Nr.: 0213056

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Chirurgie,
Sektion für Chirurgische Forschung**

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Mag.phil. Dr.med.univ. Selman Uranüs

Univ.Prof. Dr.med.univ. Zsolt J. Balogh, PhD

Graz, März 2011

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, März 2011

.....
(Unterschrift)

Anmerkung:

Um das Lesen der vorliegenden Arbeit zu erleichtern, wurde aus praktischen Überlegungen das generische Maskulinum verwendet. Diese Schreibweise bezieht sich sowohl auf männliche als auch auf weibliche Personen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer, Herrn Univ.-Prof. Mag.phil. Dr.med.univ. Selman Uranüs, für das Wecken meiner Freude und Leidenschaft für dieses Thema sowie meines verstärkten Interesses am wissenschaftlichen Arbeiten sehr herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr.med.univ. Zsolt J. Balogh, PhD für die Möglichkeit, die dieser Arbeit zugrunde liegenden Studie im John Hunter Hospital/University of Newcastle in Australien durchführen zu können und für seine Unterstützung bei dieser Aufgabe.

Sehr herzlich bedanken möchte ich mich bei Prim. ao. Univ.-Prof. Dr.med.univ. Mag.phil. Franz Josef Seibert für seine unermüdliche Unterstützung und die stetige Vermittlung und Bereitstellung von Wissen und Information.

Ohne das Vertrauen und die liebevolle Unterstützung meiner Familie wäre mein Studium so nicht möglich gewesen. Daher gebührt euch der größte Dank!

für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	8
ABSTRACT	9
1. EINLEITUNG	11
2. MATERIALIEN UND METHODEN	13
3. ALLGEMEINER TEIL	14
3.1. GESCHICHTLICHER EXKURS	14
3.2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN ZU BECKENFRAKTUREN	16
3.3. ANATOMIE DES BECKENGÜRTELS	17
3.3.1. Knochen und Knochenverbindungen des Beckengürtels	17
3.3.2. Beckenhöhle, Cavit�� pelvis	18
3.3.3. Viscerale Strukturen	20
3.3.4. Gefäße	20
3.3.4.1. Arterien	20
3.3.4.2. Venen	21
3.3.5. Innervation der Beckenorgane	23
3.4. VERLETZUNGS- UND UNFALLMECHANISMEN	25
3.4.1. Typische Verletzungsmechanismen	26
3.4.1.1. Stumpfes Trauma	26
3.4.1.2. Penetrierendes Trauma	27
3.4.2. Typische Unfallmechanismen	28
3.5. DIAGNOSTIK, KLASSIFIKATION UND ANATOMISCHE SCORES	29
3.5.1. Diagnostik der Beckenverletzungen	29
3.5.2. Klassifikation von Beckenringverletzungen	31
3.5.2.1. Young und Burgess Klassifikation	31
3.5.2.2. Pennal und Tile Klassifikation	31
3.5.2.3. AO- Klassifikation	32
3.5.2.3.1. Einteilung nach dem ABC-Schema	32
3.5.2.3. Klassifikation der Frakturen des Os sacrum	34
3.5.2.4. Klassifikation der Frakturen des Acetabulum	35
3.5.3. Anatomische Scores	36
3.5.3.1. Abbreviated Injury Scale (AIS)	36
3.5.4.2. Injury Severity Score (ISS)	37
3.6. ARTEN DER BECKENFRAKTUREN	38
3.6.1. Beckenrand- und Beckenringfrakturen	38
3.6.1.1. Beckensch��ufelfrakturen	38
3.6.1.2. Sch��ambein- und Sitzbeinfraktur	39
3.6.1.3. Symphysenruptur	39
3.6.1.4. Vordere und hintere Beckenringfraktur	40
3.6.2. Acetabulumfraktur	41
3.7. KLINISCHE BEDEUTUNG DER BECKENFRAKTUR	41
3.7.1. Einfluss von Gefäßverletzungen	42
3.7.2. Einfluss auf Nervenverletzungen	43
3.7.3. Viscerale Verletzungen	44
3.7.4. Einfluss auf Lebensqualität ohne Lebensgefahr	45
3.8. THERAPIE	46
3.8.1. Versorgung am Unfallort	47
3.8.2. Schockraummanagement	48
3.8.3. Konservative Therapie	49
3.8.4. Fixateur externe	50
3.8.5. Pelvic C-Clamp - Notfallbeckenzwingen	51
3.8.6. Osteosynthese	53
3.9. NOTFALLBECKENZWINGEN, PELVIC C-CLAMP	53
3.9.1. Historischer Überblick	54
3.9.2. Komponenten der Beckenzwingen	55
3.9.3. Modelle der Beckenzwingen	55
3.9.3.1. Beckenzwingen nach Ganz et al (1991)	55
3.9.3.2. Beckenzwingen nach Browner und Buckle (1992)	56

3.9.4. Zusammenbau der Beckenzwinge.....	57
3.9.5. Applikation der Beckenzwinge.....	60
3.9.6. Applikationsorte der Steinmann-Nägel.....	63
3.9.6.1. Anteriore Pinposition – anatomische Landmarken	63
3.9.6.2. Posteriore Pinposition – anatomische Landmarken	63
3.9.6.3. Supraacetabuläre Pinposition – anatomische Landmarken.....	64
3.9.6.4. Trochantäre Pinposition – anatomische Landmarken	64
3.9.6.5. Vor- und Nachteile der verschiedenen Applikationsformen	65
3.9.6.6. Indikationen und Kontraindikationen der Beckenzwinge	67
3.9.6.7. Prä- und postoperatives Management	68
3.9.7. Outcome und Stellenwert der Notfallbeckenzwinge	69
4. SPEZIELLER TEIL	76
4.1. EINLEITUNG	76
4.2. SINGLE TRAINING SESSION FOR FIRST TIME PELVIC C-CLAMP USERS:	77
WHAT TO EXPECT?	77
4.2.1. Zusammenfassung.....	78
4.2.2. Hintergrund	79
4.2.3. Methoden und Materialien.....	80
4.2.4. Ergebnisse.....	83
4.2.5. Diskussion	85
4.2.6. Danksagung.....	87
5. DISKUSSION.....	88
ACKNOWLEDGEMENTS	90
6. QUELLENVERZEICHNIS	91
6.1. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	91
6.2. BIBLIOGRAPHIE	93
CURRICULUM VITAE	98

Zusammenfassung

Hintergrund: Bereits in der Literatur des alten Griechenland wird über das Polytrauma und seine Behandlung berichtet. Die Mortalitätsraten von über 80% konnten durch die moderne Medizin deutlich gesenkt werden. Das Polytrauma stellt jedoch bis heute eine große Herausforderung für Schockraumteams dar, besonders wenn es im Rahmen von Beckenfrakturen zu hämorrhagischen Massenblutungen kommt. Diese Arbeit wird sich nun mit der Akuttherapie, im speziellen mittels der Notfallbeckenzwinge beschäftigen.

Materialien und Methoden: Zur Wissensgewinnung wurde mittels PubMed- und MeSH-Suche eine ausführliche Recherche zum aktuellen Stand der Literatur durchgeführt. Weiters diente die Lektüre einschlägiger Fachbücher zu diesem Thema. Zuletzt flossen die Ergebnisse einer im Rahmen eines Forschungsaufenthaltes akquirierten Studie in die Arbeit ein.

Ergebnisse: Die erhobenen Daten zeigen, dass die Verwendung einer Notfallbeckenzwinge das Outcome dieser Patientengruppe erhöhen kann. Trotzdem wird sie aufgrund der Tatsache, dass es sich bei der Applikation um einen chirurgischen Eingriff handelt bis heute sehr selten benutzt. Die im Rahmen der Studie evaluierten Daten legen allerdings nahe, dass für eine sichere Platzierung bei entsprechend geschultem Personal nur sehr kurze Trainingseinheiten notwendig sind.

Diskussion: Die Anlage einer Notfallbeckenzwinge kann das Überleben von polytraumatisierten Patienten bei gegebener Indikation signifikant erhöhen. Aufgrund der nur mäßigen Verwendung im klinischen Alltag wird deswegen der Ausbau von entsprechenden Schulungsmöglichkeiten propagiert. Da die vorliegenden Daten nahe legen, dass dafür wenig Zeit erforderlich ist, könnte ein entsprechendes Angebot zur vermehrten Anwendung des Instruments beitragen.

Abstract

Background: Already in the literature of ancient Greece polytrauma and its treatment is reported. Vast mortality rates beyond 80% could be increased by the help of modern medicine. Yet polytrauma especially when pelvic fractures with hemorrhage are included is a big challenge for traumateams until today. This thesis will focus on the acute therapy, especially involving the pelvic C-Clamp.

Materials and Methods: Up to date information was acquired by performing an extended PubMed and MeSH search. Furthermore books addressing this topic were used. In a final step results from a study performed during a research period have been integrated.

Results: The acquired data shows, that the use of a pelvic C-Clamp can increase the outcome of this group of patients. Nevertheless it is seldom used because application involves a surgical intervention. However, data from the study suggest, that very few training-time is needed for safe placement, if the personnel is educated accordingly.

Discussion: Given a proper indication, application of a pelvic C-Clamp can significantly increase the outcome of polytraumatized patients. Because of the moderate use in the daily clinical practice adequate educational programs are suggested. The data at hand suggest that very few time is required for that and therefore such an offer could account for an increased use of the instrument.

Abkürzungsverzeichnis

AIS	Abbreviated Injury Scale
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
APC	Anteroposteriore Compression
ATLS®	Advanced Trauma Life Support®
CM	Combined Mechanical (Fracture)
CME	Continuing Medical Education
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
FiO ₂	Inspiratorische O ₂ -Konzentration
Hb	Hämoglobin
ISG	Iliosacralgelenk
ISS	Injury Severity Score
LC	Laterale Compression
MAD	Mittlerer arterieller Blutdruck
MAST	Military Antishock Trousers
MOV	Multiorganversagen
MRT	Magnetresonanztomographie
ORIF	Offene Reduktion und eine Interne Fixation
OTA	Orthopedic Trauma Association
PaO ₂	arterieller Sauerstoffpartialdruck
PHTLS®	Prehospital Trauma Life Support®
PTS	Polytraumaschlüssel
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
VS	Verticale Shear (Fracture)

1. Einleitung

Eine relativ seltene, jedoch gefürchtete Komponente einer polytraumatischen Verletzung stellt die instabile Beckenringfraktur dar. Die besondere Gefahr ergibt sich aus der Nähe zum präasacralen Venenplexus, die die Gefahr einer Ruptur desselben und einer damit einhergehenden Massenblutung birgt. Auch in der heutigen Zeit werden in der Literatur für eine derartige Verletzung mit 20-70% (1) eine sehr hohe Mortalitätsrate angegeben. Auch in den ATLS® Guidelines (2) wird aus diesem Grund eine raschest mögliche Blutstillung gefordert. Diese kann mittels verschiedener Möglichkeiten erreicht werden. Die sicherste Methode dafür stellt sicherlich der Einsatz einer Notfallbeckenzwinge dar. Da dieser jedoch mit einem operativen Vorgehen verbunden ist, wohingegen die Applikation anderer bekannter Instrumente, wie dem Cingulum etc. non-invasiv erfolgen kann, wird die Beckenzwinge trotz ihrer guten Erfolgsraten auch in großen Traumazentren nur sehr selten eingesetzt.

Ein geschichtlicher Exkurs soll eingangs zeigen, wie lange sich die Medizin schon mit dem Komplex des Polytraumas beschäftigt. Diese lange Geschichte und die Tatsache, dass bis heute polytraumatisierte Patienten relativ schlechte Prognosen zeigen, verdeutlicht wie komplex die Therapie einer solchen Verletzung ist. Dies bedingt in weiterer Folge das reibungslose Zusammenarbeiten von Ärzten der unterschiedlichsten Fachrichtungen, sowie den Einsatz der innovativsten Methoden und Technologien, die die moderne Medizin bietet. Nur so kann in Zukunft eine Erhöhung der Überlebensraten bei gleichzeitigem Benefit für das Leben nach dem Ereignis erreicht werden.

Die hier vorliegende Arbeit wird sich nun in einem theoretischen Teil mit den Vor- und Nachteilen der Notfallbeckenzwinge sowie den verschiedenen Applikationsformen beschäftigen. Im zweiten Teil soll anschließend eine von mir im John Hunter Hospital, NSW, Australien durchgeführte Studie, die sich mit dem Thema Applikation der Notfallbeckenzwinge durch Erstanwender beschäftigt und die Fragen der Sicherheit der Applikation betreffend beleuchten. Ziel der Studie war es herauszufinden, ob Erstanwender nach einer einzelnen Trainingssitzung imstande wären, eine Becken C-Klemme im Bedarfsfall anbringen zu können. Die Resultate

könnten dazu beitragen, dass der Umgang mit dem Instrument verstärkt gelehrt und die Anwendung damit forciert und ausgebaut werden könnte.

2. Materialien und Methoden

Die Wissensgewinnung für die hier vorliegende Arbeit fußte auf drei elementaren Säulen. Zunächst wurde eine Literaturrecherche mittels PubMed und MeSH mit folgenden Keywords durchgeführt: Pelvic C-Clamp, Beckenklemme, Notfallbeckenzwinge, Pelvic Trauma, Pelvic injury, Pelvic Ring Trauma, Pelvic Ring Injury, Pelvic Ring Injury AND Unstable, Beckenringverletzung, Trauma Management, Pelvic Trauma AND Management, Vessels Injury, Visceral Injury, Accident AND Mechanism und Quality of Life durchgeführt. Um den aktuellsten Wissensstand zu repräsentieren, wurde vorrangig auf Publikationen zwischen 2000 und 2010 zurückgegriffen. Wurde in der damit akquirierten Literatur der Verweis auf grundlegende Publikationen gefunden, wurden diese entsprechend ausgehoben und in die Arbeit eingebunden. Mit den dadurch erhaltenen Ergebnissen wurden anschließend mit Hilfe der PubMed Funktion „PubMed Related Articles“ nach Querverweisen gesucht. Des Weiteren wurde - wenn nötig - stichwortartig nach speziellen Themen und Gesichtspunkten gesucht, die dafür verwendeten Keywords gehen aber in die obige Aufzählung nicht mit ein.

Die zweite herangezogene Gruppe aus Quellen bestand aus der Recherche in Büchern der einschlägigen Fachrichtungen. Hier wurden besonders Bücher aus den Disziplinen Anatomie, orthopädischer Chirurgie und Unfallchirurgie herangezogen. Aber auch internationale Guidelines, wie zum Beispiel das ATLS® fanden Eingang in die Arbeit. Sofern diese Bücher in gedruckter Form verfügbar waren, wurde diese auch genutzt, jedoch wurde des Öfteren aus Gründen der leichteren Beschaffbarkeit auch auf das Onlineangebot an ebooks der Medizinischen Universität Graz zurückgegriffen.

Die letzte angesprochene Säule umfasst mein während meines Forschungsaufenthaltes in Australien angeeignetes theoretisches und praktisches Wissen zu diesem Thema. Dies resultierte vor allem daraus, dass ich während meines Aufenthaltes die in dieser Arbeit behandelte Studie durchzuführen hatte. Für die hierfür verwendeten Methoden und Materialien sei an dieser Stelle auf den entsprechenden Abschnitt (4.2.3.) der Publikation verwiesen.

3. Allgemeiner Teil

3.1. Geschichtlicher Exkurs

Bereits 500 v. Chr., zur Zeit der Trojanischen Kriege, existierte der Ausdruck des Polytrauma. So berichtet Homer in seiner Ilias, dass die Prognose für den "schwerverletzten Helden schlecht sei und dieser lediglich zum Sterben unter einen Baum gelegt werden könne, um zuletzt aufs schwarze Schiff gebracht zu werden". Nur durch ein Wunder war es diesen Menschen möglich zu überleben, wobei die Letalität dennoch weit über 80% lag. Auch zur Zeit des Hundertjährigen Krieges (1339-1453) starben die meisten polytraumatisierten Patienten (ca. 65%) und man entschied in der Chirurgia Magna 1363, dass "diese Patienten nicht länger durch nutzloses Hantieren gequält werden sollten" (3).

Vor über 100 Jahren haben Chirurgen bereits die Wichtigkeit von Beckenfrakturen im Rahmen eines Polytraumas hinsichtlich Morbidität und Mortalität realisiert. Vor dem 19. Jahrhundert wurde die Mortalität von Beckenfrakturen mit 80%, die durch massiven Blutverlust gekennzeichnet war, beschrieben (4). Die Blutverluste waren in den meisten Fällen selbstlimitierend. Zudem führte der Gebrauch von erhöhter Volumensubstitution als auch die Bereitstellung von Blut aus der Blutbank zu einer radikalen Reduktion der Mortalität bei Patienten mit Beckenfrakturen. In den letzten 50 Jahren wurden verschiedenste Modalitäten zur Behandlung von massiven Blutverlusten bei Beckenfrakturen angewandt, bei der es zu keiner selbstlimitierenden Blutstillung kam. Verschiedenste Utensilien wurden zum Einsatz und zur Behandlung herangezogen, wobei in den meisten Traumazentren die MAST (military antishock trousers), Fixateure externe sowie die angiographische Embolisation zur Blutstillung eingesetzt wird. Durch den Einsatz dieser Therapien konnte die Mortalität reduziert werden, sodass es heute relativ selten tödliche Blutverluste bei Beckenfrakturen zu verzeichnen gibt, wobei diese meist mit Lacerationen großer Blutgefäße vergesellschaftet sind. Die letzte große Unterstützung im Management von Beckenfrakturen war die Evolution in der Skelettfixation. In den meisten Zentren wird eine aggressive definitive Frakturfixation so schnell wie möglich angepeilt und eine offene Reduktion und eine interne Fixation (ORIF) innerhalb von 24 Stunden angestrebt (5). Eine externe Fixation kommt häufig

zum Einsatz, um dem schwerstverletzten Patienten sobald wie möglich eine Kompression des Beckenringes zur Blutstillung angedeihen zu lassen. Dadurch erreicht man eine Stabilisierung des frakturierten Beckenringes und der damit vergesellschafteten Massenblutung und somit eine hämodynamische Stabilisierung des Patienten. Diese Methode wird als Überbrückung zur ORIF oder in manchen Fällen auch als definitive Skelettfixation eingesetzt. Neben all diesen Gegebenheiten und Möglichkeiten, eine Beckenfraktur mit lebensbedrohlichen Blutungen im Akutmanagement zu versorgen, bedarf es einer multidisziplinären Zusammenarbeit. Allgemein Chirurgie, Orthopädie und Radiologie zählen zu den diagnostisch relevantesten Disziplinen in der Akutversorgung eines polytraumatisierten Patienten mit Beckenfrakturen. Nur durch eine gute Kooperation zwischen diversen Fachdisziplinen kann sich die Evolution in eine positive Richtung weiterentwickeln.

Die Polytraumaversorgung stellt heute höchste Anforderungen in personeller, operativer und organisatorischer Hinsicht dar. Entsprechend kann ein Schwerverletzter nur in einem Krankenhaus nach Maßstäben der Zentralversorgung adäquat behandelt werden. Wichtige Voraussetzung ist z.B. ein interdisziplinäres Behandlungsteam, welches bei Eintreffen des Patienten bereit stehen muss. Die unfallchirurgische Mannschaft muss dabei jederzeit durch Konsiliarärzte, wie Neurochirurgen, Kieferchirurgen oder Gefäßchirurgen ergänzt werden können. Rund um die Uhr müssen weitere medizinische Bereiche, wie Blutbank, Labor- und Röntgendiagnostik mit ihrer vollen Kapazität zur Verfügung stehen. Auch hochtechnische Methoden, wie CT oder MRT, CT-Angiographie müssen für die Polytraumaversorgung jederzeit und kurzfristig einsatzbereit sein. Selbstverständlich ist die Vorhaltung von Notfalloperationssälen und Intensivbetten erforderlich. Unter diesen Voraussetzungen sind heutige Behandlungsprinzipien der sofortigen, maximalen und simultanen Behandlung Schwerverletzter erst durchführbar (3).

3.2. Theoretische Grundlagen zu Beckenfrakturen

Beckenfrakturen stellen eine signifikante Herausforderung für den Arzt bei verletzten Patienten dar. Sie nehmen 3% der gesamten Traumaverletzungen ein (6) und repräsentieren ein weites Spektrum von körperlichen Schäden. Wesentliche Unterschiede zeigen sich im Outcome bei Einwirkung von Low-Energy, welche zu minimal verschobener Fraktur, vor allem in der älteren Population bzw. in der maximal verlagerten Fraktur, zu massiven Verletzungen führt. Während die meisten durch Low-Energy verursachten Frakturen konservativ behandelt werden können, sind Frakturen mit High-Energy mit einer signifikanten Multisystem-Morbidität assoziiert. In Level-I-Traumazentren sind Beckenringverletzungen meist an Begleitverletzungen gekoppelt, die zunehmend durch das Einwirken von High-Energy zustande kommen. Am häufigsten werden Kopfverletzungen, Thorax- und Abdominalblutungen, Urogenitaltraumata als auch Verletzungen des peripheren Nervensystems mit einer Beteiligung von 6% beschrieben (6). Ein multidisziplinärer Zugang in der Versorgung eines Patienten mit hämodynamisch instabilen Beckenringverletzungen wird mit absoluter Dringlichkeit angeraten. Das frühe Involvieren notwendiger Fachdisziplinen, wie orthopädische Traumatologe, Radiologe zusätzlich zum primär vorhandenen Traumateteam verbessert die Morbidität und auch die Mortalität signifikant (Catherine A. Humpfrey and Thomas J. Ellis Current Therapy of Trauma and Surgical Critical Care). Das Setting von Hypotension, externe Fixation und Angiographie sind dienlich, jedoch soll der Behandlungsalgorithmus vor solchen Interventionen und Eingriffen passieren und an den Ressourcen der versorgenden Institution individuell angepasst werden. Die optimale Therapie basiert auf fundiert und sorgfältig studiertem medizinischem Wissen durch Einschätzen und Abschätzen der Situation und daraus resultierenden bestmöglichen Entscheidungen im Sinne des schwerstverletzten Patienten.

3.3. Anatomie des Beckengürtels

Zum besseren Verständnis der in den folgenden Kapiteln beschriebenen Verletzungen des Beckens soll an dieser Stelle nochmals kurz ein Überblick über die regelrechte Anatomie gegeben werden, wobei zuerst die relevanten knöchernen Strukturen und anschließend die visceralen Strukturen, Gefäß- und Nervenverläufe beschrieben werden. Behandelt werden allerdings nur diejenigen anatomischen Strukturen, die bei traumatischen Verletzungen des Beckenringes direkt betroffen sind. Alle übrigen Strukturen finden sich hervorragend beschrieben bei Hafferl (7) und Waldeyer (8).

3.3.1. Knochen und Knochenverbindungen des Beckengürtels

Das Becken (Pelvis) ist eine Ringkonstruktion, die mit der Wirbelsäule gelenkig über das Kreuzbein (Os sacrum) verbunden ist (Abb. 1a). Es bildet einerseits den unteren Abschluss des Rumpfes und andererseits überträgt es die Last des Oberkörpers auf beide Oberschenkelknochen (Ossa femoris). Die knöcherne Grundlage des Beckengürtels (Cingulum membri inferioris) bilden das Os sacrum und beide Hüftbeine (Ossa coxae) (Abb. 1b), die sich aus drei Teilen zusammensetzen: dem Darmbein (Os ilium), dem Sitzbein (Os ischii) und dem Schambein (Os pubis). Die Ossa coxae und das Os sacrum sind durch Bandhaften (Syndesmose), Knorpelhaften (Synchondrose) und Gelenke miteinander verbunden. Diese Knochenverbindungen des Beckens (Juncturae cinguli pelvici) können beweglich (Gelenke) oder fest (Haften) sein. Zu den Bandhaften des Beckens gehören die Membrana obturatoria als auch das Ligamentum sacroiliaca, Lig. sacrotuberale und das Lig. sacrospinale. Die Symphysis pubica wird dem Faserknorpelhaft (hyaliner Knorpel) zugeordnet und stellt mit einer faserknorpeligen Scheibe (Discus interpubicus) eine verbindende Einheit zwischen den Ossa Coxae dar. Diese sogenannte Schambeinfuge wird im Stehen auf beiden Beinen mechanisch auf Zug beansprucht und beim Sitzen wird die Symphysis pubica auf Druck beansprucht. Die gelenkigen Verbindungen des Beckengürtels stellen das Kreuzbein-Darmbein-Gelenk (Articulatio sacroiliaca) sowie das Kreuz-Steißbein-Gelenk (Articulatio sacrococcygea) dar, wobei Gelenksflächen (Facies auricularis), Gelenkscapsel sowie



Der Beckenraum besteht aus dem großen Becken (Pelvis major) und dem kleinen Becken (Pelvis minor), wobei eine Grenzlinie (Linea terminalis) diese beiden Kompartimente anatomisch voneinander trennt. Differenziert werden am kleinen Becken der Beckeneingang (Apertura pelvis superior) vom Beckenausgang (Apertura pelvis inferior). Die Wände des kleinen Beckens stellen eine konkave Hinterwand dar, die vom Os sacrum und Os coccygis gebildet werden als auch der

nach innen konvexen Vorderwand der Symphysis pubica. Die seitlichen knöchernen Wände des kleinen Beckens werden durch den Boden der Hüftpfanne (Os pubis und Os ischii) gebildet. Stabilisierende Bänder sichern diesen festen Bandapparat und machen ihn nahezu unbeweglich. Die Seitenwände des knöchernen Beckens sind durch die Foramina obturatoria unterbrochen. Zudem stellen die Foramina ischiadica zwei weitere Öffnungen im kleinen Becken dar, die durch Bänder ergänzt werden. Im Bereich des Foramen obturatum stellen die Membrana obturatoria und der Musculus obturatorius internus eine anatomische Begrenzung in der Seitenwand dar (8). Oberhalb des Foramen obturatum sieht man an der Innenseite des Beckens eine Knochenrinne, den Sulcus obturatorius, der mit den Teilen der Membrana obturatoria den Canalis obturatoria bildet. Durch diesen Teil laufen die Vasa obturatoria sowie der Nervus obturatorius aus dem Becken zum Bein. Bänder und Membrane bilden einen gewissen Ersatz für die fehlenden Knochenmassen und schließen die Incisuren zu Öffnungen ab. Die Foramina ischiadica sind durch die Ligg. sacrotuberale und Ligg. sacrospinale anatomisch so angeordnet, dass es die Incisurae ischiadicae des Os coxae auf jeder Seite zu zwei Löchern verschließt. Anatomisch entstehen dadurch das Foramen ischiadicum majus und das Foramen ischiadicum minus - eine wichtige anatomische Grenze und Struktur, da sie den Austritt von Gefäßen, Nerven und Muskeln aus dem Beckenkanal in die Regio glutealis ermöglichen. Es lassen sich aus den geschilderten Verhältnissen in Bezug auf die Resistenz einzelner Teile der Beckenknochen gegen äußere Gewalten Schlüsse ziehen, die ein Verständnis für Verlaufslinien von Frakturen nach sich ziehen (7).

3.3.3. Viscerale Strukturen

Der Raum des kleinen Beckens wird durch den Beckenboden in einen inneren und äußeren Anteil geteilt. Einerseits in die Cavitas peritonealis pelvis und andererseits in das Spatium extraperitoneale pelvis (8). Das Spatium extraperitoneale wird durch Faszien in verschiedene Räume unterteilt. In der Beckenhöhle befinden sich die inneren Geschlechtsorgane, die Harnblase, die Pars pelvica, der Harnleiter und das untere Ende des Darmrohres, das Rectum. Entlang der Beckenwand verlaufen die Nerven und Gefäße der obengenannten Eingeweide. Bei instabilen Beckenringfrakturen können diese Strukturen verletzt werden. Reißt bei Beckenbrüchen die Harnröhre ein, so ergießt sich Harn und Blut in das Compartmentum superficiale perinei. Da eine Ausbreitung nach hinten zur Fossa ischioanalis und seitlich zum Oberschenkel unmöglich ist, bahnen sich die Ergüsse einen Weg zum Penis, zum Skrotum und zur vorderen Bauchwand (8).

3.3.4. Gefäße

3.3.4.1. Arterien

Vor dem 4. Lendenwirbel teilt sich die Aorta in zwei große Stammgefäße, Aa. iliaca communes, die beiderseits ohne wesentliche Astabgabe in Richtung der Beckeneingangsebene verlaufen und sich vor der Articulatio sacroiliaca in die A. iliaca interna (innere Beckenarterie) und die A. iliaca externa (äußere Beckenarterie) teilen (Abb. 2).

Die A. iliaca interna gelangt in das kleine Becken und zweigt sich auf Höhe des Foramen ischiadicum majus meist in zwei Stammgefäße auf, die mit parietalen Ästen die Wand des kleinen Beckens und über viscerale Äste die Beckenorgane versorgen (9). Zu den parietalen Gefäßästen zählen die A. iliolumbalis, Aa. sacrales laterales, A. obturatoria, A. glutea inferior, sowie die A. glutea superior, die als kräftigster Ast von der A. iliaca interna entspringt (9). Zu den visceralen Gefäßästen zählen die A. umbilicalis, A. uterina, A. vesicalis inferior, A. vaginalis, A. rectalis media sowie die A. pudenda interna.

Die A. iliaca externa, als zweiter Ast der A. iliaca communis, ist großlumiger als die A. iliaca interna und verläuft parallel zur Linea terminalis, medial vom Musculus iliopsoas zur Lacuna vasorum. Nach Passage dieses Kanals wird sie zur A. femoralis. Im ihrem Verlauf gibt die A. iliaca externa in ihrer Endstrecke nur die A. epigastrica inferior ab (9). Entlang der Crista iliaca verläuft die A. circumflexa iliacum profunda.

Als direkte Fortsetzung der A. iliaca externa findet sich die A. femoralis, die das Becken durch die Lacuna vasorum nach distal in den Adduktorenkanal verlässt. Zudem gibt die A. femoralis folgende Äste ab: Die A. epigastrica superficialis, A. circumflexa iliacum superficialis, Aa. pudendae externae, A. descendens genus und die A. profunda femoris, die als kräftigster Ast etwa 3 bis 6 cm unterhalb des Lig. inguinale nach dorsolateral abgeht (9).

3.3.4.2. Venen

Die venöse Gefäßversorgung der Vv. Iliacae kommt aus dem Zuflussgebiet der Vena cava inferior. Diese entsteht aus der Vereinigung der rechten und linken V. iliaca communis, die, ebenso wie die Aa. iliacae communes, vom 4. Lendenwirbel bis zur Articulatio sacroiliaca reichen und aus dem Zusammenfluss von V. iliaca interna und V. iliaca externa hervorgehen. Zudem münden beidseits die V. iliolumbalis und links die V. sacralis mediana in die V. iliaca communis ein (10). Zu den Venen, die in die V. iliaca interna münden, zählen: Vv. gluteae superiores, Vv. gluteae inferiores, Vv. obturatoriae sowie die Vv. sacrales laterales, die das Blut aus dem Plexus venosus sacralis, einem Venengeflecht vor dem Os sacrum sammeln und bei Beckenringfrakturen eine sehr wichtige Rolle einnehmen (Abb. 2b).

Ein Venenplexus ist ein Netzwerk aus venösen Blutgefäßen, die durch zahlreiche Anastomosen miteinander verbunden sind und an vielen Stellen im Körper vorkommen. Der prä-sacrale Venenplexus stellt die Hauptursache von lebensbedrohlichen Blutungen bei instabilen Beckenringfrakturen dar, die ehestmöglich einer Tamponade bedürfen (11–14).

Weitere drei Venengeflechte, die um die Beckenorgane liegen, sind der Plexus venosus rectalis, Plexus venosus vesicalis sowie der Plexus venosus uterinus - die

Venenplexus der Urogenitalorgane stehen untereinander in enger Beziehung (10). Die V. pudenda interna sammelt das Venenblut von der Beckenbodenregion, die aus mehreren Venen gespeist wird (Abb. 2a).

Die V. iliaca externa nimmt das Blut dreier Zuflussgebiete auf, bevor sie sich mit der V. iliaca interna vereint und in die V. femoralis übergeht. Zu diesen zählen die V. epigastrica inferior, der Ramus pubicus und die V. circumflexa iliacum profunda (10).

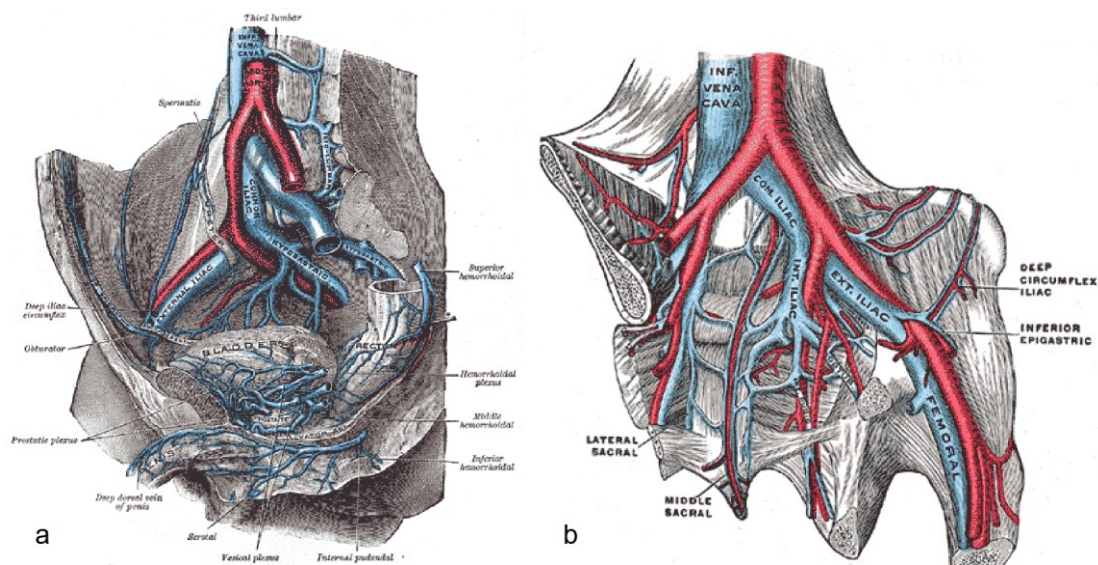


Abbildung 2: a) Venen des männlichen Hemipelvis b) Iliacale Venen

3.3.5. Innervation der Beckenorgane

Sympathische und parasympathische Nerven kommen über die benachbarten vegetativen Plexus des kleinen Beckens und enthalten visceromotorische und viscerosensible Fasern. Das Zentrum für die sympathische Versorgung liegt in den Rückenmarksegmenten Th 10-12 und für die parasympathische Versorgung in den Segmenten S1-S3 (8).

Die spinalen Nerven des Beckens stammen alle aus dem Plexus lumbosacralis, welcher sich aus den Rami ventrales der Spinalnerven vom ersten Lumbalsegment zusammensetzt. Der Plexus lumbosacralis setzt sich aus dem kranialen Abschnitt, dem Plexus lumbalis und dem caudalen Abschnitt, dem Plexus sacralis, zusammen, wobei sich letzterer wiederum in den Plexus ischiadicus und in den Plexus pudendus gliedert. Der Plexus lumbalis entsteht aus dem ersten bis vierten Lumbalsegment und nimmt noch Fasern aus dem zwölften Thorakalsegment auf. Seine Äste sind für die Bauchwand und das Bein bestimmt. Nur ein Ast, der N. obturatorius, betritt das kleine Becken wieder durch das Foramen obturatum. Die Wurzeln des Plexus sacralis stammen aus dem kleineren Teil des vierten Lumbalsegmentes, aus dem fünften Lumbalsegment und den Sacralsegmenten (7).

Dazu kommt noch ganz caudal der kleine Nervus coccygeus (Plexus coccygeus) (7).

Der Plexus ischiadicus entsteht aus dem caudalen Abschnitt von L IV, aus L V sowie aus den sacralen Segmenten I,II,III. Dem Plexus ischiadicus entspringen eine Reihe von Nerven. Der größte ist der N. ischiadicus, welcher das Becken durch das Foramen infrapiriforme verlässt. Mit ihm zusammen zieht der N. gluteus inferior, der N. cutaneus femoris posterior und der N. gluteus superior, wobei letzterer durch das Foramen suprapiriforme verläuft (7).

Der Plexus pudendus bezieht Fasern aus allen Sacralbereichen, wird aber hauptsächlich aus den S III und S IV aufgebaut. Auf die Wurzeln des Plexus pudendus folgt SV und der kleine N. coccygeus aus Co I. Dieser bildet mit SV den kleinen Plexus coccygeus und steht so mit dem Ende der Sacralnerven im Zusammenhang, da zudem aus diesem Geflecht Nn. anococcygei hervorgehen. Diese innervieren die Region um das Steißbein (7).

Die peripheren Beckenplexus stellen eine Fortsetzung der Geflechte der Bauchhöhle dar. Der Plexus aorticus abdominalis gibt jederseits der A. iliaca communis den Plexus iliacus mit und setzt sich in den unpaaren Plexus hypogastricus superior fort. Der Plexus wird in der Chirurgie als Nervus präsacralis bezeichnet. Er nimmt Nn. splanchnici lumbales auf und teilt sich unterhalb des Promontorium in den Nervus hypogastricus dexter und sinister. Jeder N. hypogastricus strahlt auf dem Beckenboden in eine sagittale Platte ein, welche vom bis an die Blase reicht. Diese Platte bezeichnet man als Plexus hypogastricus inferior oder Plexus pelvinus. Der Plexus pelvinus entlässt Nerven und Geflechte, welche an die verschiedenen Organe herantreten und nach diesen benannt werden (7).

Weiters wird hier auf die nervalen Nachbarschaftsbeziehungen zu den im Becken relevanten Organen Bezug genommen. An der Innervation der im Folgenden aufgeführten Beckenorgane sind sowohl das vegetative als auch das somatische Nervensystem beteiligt.

In der Beckenhöhle befindet sich ein großer Teil der ableitenden Harnwege. Dazu zählen der distale Abschnitt beider Ureteren, die Harnblase und die proximalen Anteile der Harnröhre. Zudem stellen die Beckenorgane beim Mann hauptsächlich Drüsen dar, wobei bei der Frau der Uterus das prominenteste Beckenorgan darstellt. Adnexe und Ovarien sind Anhangsgebilde des Uterus und liegen intraperitoneal in der Fossa ovarica an der lateralen Wand des kleinen Beckens. Die Nerven der Tube kommen aus dem Plexus ovaricus und aus dem Plexus uterovaginalis und verlaufen mit den Gefäßen. Das Zentrum liegt in den Segmenten Th10-L1 (8). Die Innervation der Harnblase erfolgt über den Plexus vesicalis et prostaticus mit sympathischen Fasern aus den Segmenten Th11-L2. Zu diesen gehören Nn. splanchnici lumbales, N. hypogastricus sowie der Plexus hypogastricus inferior. Parasympathische Fasern kommen aus den Segmenten S2-S4. Zu denen zählen Nn. splanchnici pelvici und die Radix parasympathica. Der Sympathicus innerviert die Schließmuskeln des Blasenausganges, der Parasympathicus innerviert die Muskeln für die Entleerung der Harnblase. Klinische Relevanz zeigt sich bei extraperitonealen Blasenrupturen, wo sich Urin und Blut rasch und ungehindert in den geschilderten Verschiebespalten ausbreiten können. Schambeinfrakturen können zu Verletzungen der vorderen Blasenwand führen (8). Die nervale Versorgung des Rectum erfolgt über den Plexus

sacralis und über Nervenfasern aus den Segmenten S3 und S4 aus dem Rückenmark.

Bei Beckenfrakturen und insbesondere bei Sacrumfrakturen kann es zu Schädigungen in jedem Anteil des Plexus lumbosacralis kommen. Bei Verletzungen der Wurzeln L4 - S1 resultiert dies in augenfälligen Lähmungen von Muskeln der unteren Extremität. Daneben können besonders Sphinkterstörungen von Blase und sowie sensible Ausfälle im Genital- und Analbereich auftreten. Aufgrund der Schwere der Gesamtverletzung werden diese Störungen bei häufig initial intubierten und mit Urinkatheter versorgten Patienten oft primär nicht erkannt. Eine differenzierte neurologische Untersuchung ist deshalb bei allen instabilen Beckenverletzungen frühzeitig erforderlich (15).

3.4. Verletzungs- und Unfallmechanismen

Um den Mechanismus von Beckenfrakturen zu verstehen, ist es von Bedeutung zu wissen, dass instabile Verletzungen des Beckens häufig Folge von Verkehrsunfällen in hohem Geschwindigkeitsbereich, Abstürze aus großer Höhe, Quetsch- und Überrolltraumen und nicht zuletzt die Hochrasanztraumen im Zweiradbereich, die meist zu instabilen Beckenringfrakturen durch Ausrissverletzungen mit Hemipelvektomie führen, sind (16) und dadurch weitere Begleitverletzungen, wie Ruptur der Urethra, Blase, Verletzung der Iliakalgefäße sowie des Plexus lumbosacralis zur Folge haben können. Der Verkehrsunfall ist die Hauptverletzungsursache für Beckenfrakturen (17). Den ATLS®-Guidelines (2) zufolge sollte zur Einschätzung des Verletzungsausmaßes des Patienten Folgendes beachtet werden: Handelt es sich um einen Autounfall, spielen Faktoren wie Geschwindigkeit, Art der Kollision (z.B. ein Frontalzusammenstoß, seitlicher Anprall, ein Auf- oder Reinschlagen, Auffahrunfall oder Überschlagen des Fahrzeuges) eine wesentliche Rolle (2). Penetrierende Verletzungen durch Messer oder Schusswaffen und Explosionstraumen werden in dieser Arbeit nur am Rande erwähnt. Schwere Beckenverletzungen führen meistens zu einem massiven Blutverlust und enden dementsprechend in einer Schocksymptomatik (18). Die Behandlung ist schwierig und wird wesentlich von der ersten Klassifikation beeinflusst, da ein verspätetes Realisieren von intraabdominellen Verletzungen oder Beckenverletzungen den Tod

zur Folge haben kann - frühzeitig durch massiven ungestillten Blutverlust, verspätet durch viscerale Verletzungen (2). Nachdem die Einteilung der Beckenringfrakturen heute nahezu übereinstimmend nach dem Unfallmechanismus vorgenommen wird, sollen diese im Detail beschrieben werden.

3.4.1. Typische Verletzungsmechanismen

Um das mögliche Ausmaß der Verletzung und den dahinterstehenden Mechanismus so rasch und exakt wie möglich zu analysieren, sollte man den Ablauf und den Unfallhergang kennen. Sturz aus mehr als drei Meter Höhe, Herausschleudern aus dem Fahrzeug, angefahrene Fußgänger oder Radfahrer, Einklemmung oder Verschüttung oder Tod eines Beifahrers sind wichtige Indizien zur Analyse der Verletzungsschwere und stellen wesentliche Faktoren mit sicherem Einfluss auf die Prognose dar (19). Je nach Unfallhergang unterscheidet man verschiedene Krafteinwirkungen, die zur Fraktur des Beckenringes führen können.

3.4.1.1. Stumpfes Trauma

Ein direkter Schlag oder ein direkter Kontakt mit dem vorderen Rad eines Motorrades im Rahmen eines Verkehrsunfalles kann durch Kompression, Stauchung oder Quetschung zu Rupturen innerer Organe, sekundären Blutungen sowie zur Peritonitis bei Kontamination durch verletzten intraabdominellen Inhalt zur Folge haben (2). Beckenrand- und Beckenringfrakturen entstehen meist bei Einklemmung oder Verschüttung durch erhebliche indirekte Gewalteinwirkung. Allen Beckenfrakturen gemeinsam sind der hohe innere Blutverlust und die ausgeprägte Schmerzsymptomatik (20).

Unsachgemäße Handhabung von Sicherheitsgurten in Kraftfahrzeugen stellen eine häufige Ursache für Schwerverletzungen während des Abbremsmanövers des Fahrzeuges dar. Die meisten stumpfen Traumen inkludieren Verletzungen der Milz in 40%–55%, Leber in 35%-45% und eine Dünndarmbeteiligung in 5%-10% (2). ATLS®

Guidelines (2) geben eine 15%ige Inzidenz von retroperitonealen Hämatomen bei stumpfen Traumata nach einer Laparatomie an.

Quetsch- und Überrolltraumen mit Schambeinfraktur weisen meist eine supradiaphragmale Urethraruptur mit Schock und blutiger Anurie auf. Infradiaphragmale Rupturen zeigen sich nach typischem Straddle-Trauma mit blutigem Urin und Schmetterlingshämatom. Bei Frauen kommt es häufig zur Mitverletzung der Vagina, die eine urethro-vaginale Fistel zur Folge haben kann (2, 21). Da der retroperitoneale Raum in enger Beziehung zum intraperitonealen steht, führen Blutungen zu ausgeprägten Hämatomen. Diese können primär oder sekundär in den intraperitonealen Raum drainieren. Eine adäquate Blutstillung bzw. eine Kompression der Blutungsquelle wird dadurch erschwert und das Überleben in dieser Situation erheblich bedroht.

3.4.1.2. Penetrierendes Trauma

Penetrierende Traumata sind seltener als stumpfe. Sie schließen Pfählungsverletzungen, Bisswunden, Schuss- und Stichverletzungen mit ein. Den Explosionstraumen werden einige Mechanismen zugeschrieben - einerseits penetrierende Verletzungen und andererseits stumpfe Traumata durch Wegschleudern, Sturz, Anprallen und Aufschlagen.

Bei sogenannten Low-Velocity Schussverletzungen und auch bei Stichverletzungen kommt es zu Gewebslazerationen und zum Durchstich diverser Gewebeschichten. Hingegen treffen bei High-Velocity Schussverletzungen die Geschosse mit einer bedeutend höheren kinetischen Energie auf den Körper auf. Verletzungen, die durch einen Schuss verursacht werden, involvieren zu 50% den Dünndarm, Colon 40%, Leber 30% und zu 25% kommt es zu abdominellen vaskulären Strukturverletzungen (2). Penetrierende Verletzungen im Beckenbereich werden assoziiert mit einem bedeutenden Anstieg der Mortalitätsrate. Vor allem bedingt durch die Verletzung der iliacaen vaskulären Achse und des dadurch bedingten hypovolämischen Schocks des Patienten (22).

3.4.2. Typische Unfallmechanismen

Die häufigsten Beckenfrakturen passieren im Rahmen eines Hochgeschwindigkeitsunfalles im Straßenverkehr oder Sturz aus großer Höhe (17). Prinzipiell werden drei verschiedene Richtungen der Kraft unterschieden. Durch Sturz aus großer Höhe wird die Energie des Aufpralls über das Femur an das Becken weitergeleitet. Dies führt zu Beckenfrakturen, die durch vertikale Scherkräfte verursacht werden. Bei Frontalzusammenstößen, zum Beispiel im Straßenverkehr, wird die frakturverursachende Kraft von vorne nach hinten übertragen. Die bei Beckenringfrakturen am häufigsten angetroffene Krafteinwirkung ist diejenige, bei der die Kraft von der Seite auf den Körper einwirkt, wie beispielsweise bei Verkehrsunfällen mit Seitenaufprall (23).

Ein Sturz aus großer Höhe ist aber nicht zwingend für die Entstehung einer Beckenfraktur notwendig, da durchaus auch Frakturen durch einen Sturz oder beim Stolpern über Stufen gefunden werden (23).

Athleten verletzen die Hüfte meist durch eine unvorhergesehene plötzliche Bewegung. Muskeln können dabei Fragmente vom Beckenknochen ausreißen. Man nennt sie Ausriss- oder Abrissfraktur (23).

Jugendliche im Wachstumsschub, speziell sportlich aktive, stellen eine Risikogruppe für eine spezielle Art der Beckenfraktur dar. Was zunächst als Muskelzerrung interpretiert wird, könnte durchaus auch eine Ausrissfraktur des Beckens darstellen. Diese Frakturen treten in der Regel gleichzeitig mit plötzlichen Muskelkontraktionen auf. Ein kleines Knochenstück vom cranialen Anteil des Hüftknochens wird dabei von den kontrahierenden Muskeln abgerissen. Nachdem dies eine außerordentlich stabile Fraktur darstellt, sind praktisch nie der gesamte Beckenring oder innere Organe von dieser Verletzung betroffen (23).

Eine weitere Risikogruppe wird von älteren Patienten mit Osteoporose gebildet. Hier können Beckenfrakturen bereits durch bloßes Hinfallen, zum Beispiel beim Aussteigen aus der Badewanne, vorkommen. Diese Frakturen betreffen allerdings in der Regel nicht die Integrität des Beckenringes (23).

3.5. Diagnostik, Klassifikation und Anatomische Scores

Die Diagnostik der Beckenverletzung ist häufig durch die Schwere der Gesamtverletzung beeinflusst. So sind 2/3 aller instabilen Beckenverletzungen Teil eines Polytraumas und 1/3 aller Polytrauma-Patienten haben eine instabile Beckenverletzung (15). Beckenfrakturen, ausgenommen Acetabulumfrakturen, sind mit einem Anteil am Gesamtkollektiv der Frakturen von 0,3–8% selten. Im Allgemeinen sind sie entweder stabil und Folge eines Low-Energy-Traumas oder instabil, meist in Folge eines High-Energy-Traumas. Letztere sind mit einer deutlich erhöhten Morbidität, Mortalität bzw. Invalidität vergesellschaftet. Die korrekte und vollständige Diagnose einschließlich Begleitverletzungen kann aufgrund der komplexen anatomischen und biomechanischen Zusammenhänge schwierig sein. Insbesondere bei komplexen Fraktur- und Verletzungsmustern ist sie jedoch die Voraussetzung für ein rasches und adäquates Therapiemanagement der Fraktur und der teils vitalen Begleitverletzungen. Die Frakturklassifikation auf der Basis einer exakten Röntgendiagnostik ermöglicht nicht nur eine approximative Schweregrad- und Prognoseabschätzung bzw. Hinweise für das therapeutische Verfahren, sondern letztlich auch eine vergleichende Evaluation verschiedener Frakturtypen bzw. Behandlungskonzepte (24). In diesem Abschnitt wird auf keine Detailfragen eingegangen, es soll vielmehr ein Überblick gebräuchlicher Klassifikationen von Beckenfrakturen geschaffen werden.

3.5.1. Diagnostik der Beckenverletzungen

Hauptbestandteil der Diagnostik ist die Röntgendiagnostik. Die Beckenübersichtsaufnahme ist hierbei wesentlicher Bestandteil der Primärdiagnostik bei allen Beckenverletzten und allen Polytraumatisierten. In bis zu 90% der Fälle kann bereits anhand der Beckenübersichtsaufnahme die richtige Diagnose gestellt werden. Allerdings lassen sich mit dieser Aufnahme keine Aussagen über mögliche Verschiebungen in cranio-caudaler oder antero-posterioren Richtung machen. Wird auf der Beckenübersichtsaufnahme eine dorsale Beckenringfraktur erkannt oder vermutet, werden die Schrägaufnahmen nach Pennal und Tile angefertigt (Abb. 3). Die "Inlet" Aufnahme erlaubt eine Beurteilung der Beckeneingangsebene.

Verschiebungen in der Horizontalebene sind gut zu erkennen und zu beurteilen. Bei der "Outlet" Aufnahme ist die Röntgenröhre im senkrechten Winkel auf das Sacrum gerichtet. Vertikalverschiebungen des Beckenrings lassen sich gut erkennen und das ganze Sacrum wird dargestellt. Mit diesen drei Standardaufnahmen - Beckenübersicht, Inlet, Outlet - ist es dann möglich, den Instabilitätsgrad der Beckenverletzung zu beurteilen und zumeist zu klassifizieren (15).

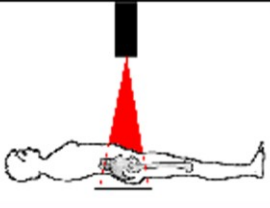
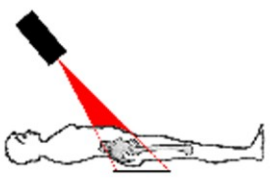
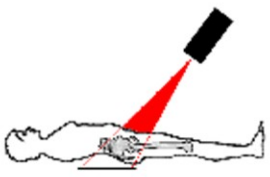
Beckenübersicht senkrecht zur Liegefläche Beckenübersichtsaufnahme		
Inlet senkrecht zur Beckeneingangsebene Darstellung horizontaler Verschiebungen		
Outlet senkrecht zur Achse des Os sacrum Darstellung vertikaler Verschiebungen und des Frakturverlaufes im Sakrum		

Abbildung 3: Standard- Röntgenaufnahmen bei Beckenringverletzungen

Zur weiteren Diagnostik und möglichen Therapieplanung wird dann eine Computertomographie in 2mm Schichten oder Spiraltechnik durchgeführt. Wenig verschobene Sacrumfrakturen werden in bis zu 60% der Fälle erst im CT erkannt. Die Wertigkeit des CT zur Evaluation des Gesamtausmaßes der Verletzung des hinteren Beckenrings ist deshalb inzwischen unbestritten. Zwei- und dreidimensionale Rekonstruktionen können zur Planung des operativen Vorgehens sehr hilfreich sein (15).

3.5.2. Klassifikation von Beckenringverletzungen

Mit Hilfe der durchgeführten Diagnostik und Klassifikation lassen sich somit alle Beckenringfrakturen in stabile oder instabile Frakturtypen unterteilen (25). Im folgenden Abschnitt wird der Fokus auf derzeit angewandte Klassifikationen bei Beckenverletzungen gelenkt und diese genauer beschrieben.

3.5.2.1. Young und Burgess Klassifikation

Im Großen und Ganzen werden vier Muster der Gewalteinwirkung in Bezug auf Beckenfrakturen unterschieden. Young und Burgess beschreiben eine AP Kompression (APC), laterale Kompression (LC), vertikale Scherfraktur (VS) und eine kombinierte, mechanische Fraktur (CM) (2, 26).

3.5.2.2. Pennal und Tile Klassifikation

Heutzutage werden Beckenringfrakturen nach der gängigsten Klassifikation, Pennal und Tile, eingeteilt. Hier werden anatomisch-mechanische Begebenheiten des Beckenringes sowie der Verletzungsmechanismus berücksichtigt. Im vorderen Beckenring werden die Instabilitätsrichtungen mit transsymphär und transpubisch angegeben. Im hinteren Beckenring werden diese als transiliacal, transileosacral und transsacral bezeichnet (25) (Abb. 4). Basierend auf dieser Unterteilung entwickelte Tile 1984 eine Klassifikation unter Berücksichtigung des zunehmenden Grades der Instabilität (15). Hierbei unterscheidet man Typ A-, B-, C-Verletzungen (15, 25).

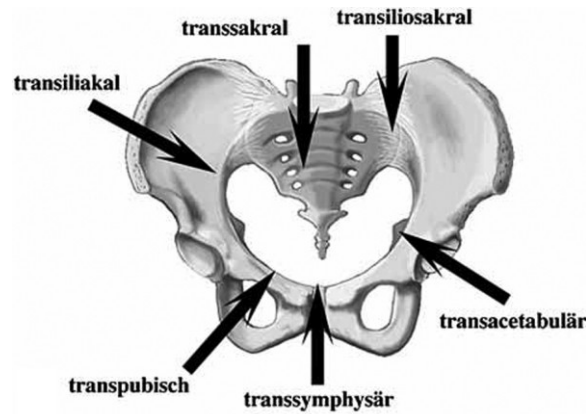


Abbildung 4: Mögliche Frakturlinien

3.5.2.3. AO- Klassifikation

Eine Erweiterung der Klassifikation von Pennal und Tile konnte durch Einführung der AO- sowie der OTA-Klassifikation erreicht werden. Die Modifikatoren der OTA-Klassifikation haben jeweils ihr Pendant in der entsprechenden Subgruppe der AO-Klassifikation (15).

Die Beckenringverletzungen werden nach dem zunehmenden Grad der Instabilität in Typ A, B und C eingeteilt. Dazu wird zwischen dem vorderen Ring ventral des Acetabulums und dem hinteren Beckenring dorsal des Acetabulums unterschieden. Liegen mehrere Verletzungen des Beckenringes vor, ist die schwerste Verletzung für die Klassifikation maßgebend (15).

3.5.2.3.1. Einteilung nach dem ABC-Schema

Typ-A-Verletzungen: Stabile Verletzung. Hier bleiben die knöchernen und ligamentären Strukturen des dorsalen Beckenringes unverletzt und zählen deshalb zu den stabilen Frakturen. Zu den A-Verletzungen zählen die apophysäre Abrissfrakturen, Beckenrand- (Abb. 5 a1), Scham- und Sitzbeinfrakturen (Abb. 5 a2) sowie die Sacrumquerfraktur (Abb. 5 a3) distal der SI-Fuge (15, 25).

Typ-B-Verletzungen: Vertikal stabile und horizontal instabile Verletzung. Diese führen zu einer partiellen Instabilität des Beckens. Neben einer Instabilität des ventralen Beckenrings sind auch Bandstrukturen im sacroiliacalen Gelenk mit verletzt. Es liegt

eine rotatorische Instabilität vor, da die biomechanisch wichtigen dorsalen Bandanteile erhalten sind. Eine vertikale Verschiebung und somit eine translatorische Instabilität bleibt aus (25).

Es kann zu Einwärtsrotation (laterale Kompression), Auswärtsrotation ("open book") und Rotation um kombinierte Achsen ("bucket handle") kommen. Die „open book“ Verletzung ist eine typische Außenrotationsverletzung und wird als B1-Verletzung klassifiziert, bei der sich beide Beckenhälften wie ein aufgeschlagenes Buch nach außen bewegen lassen (15, 25). Grundsätzlich ist eine zumindest teilweise dorsale Stabilität erhalten. Wenigstens ein Teil der dorsalen Bandverbindungen ist intakt und kann eine Translationsbewegung im dorsalen Beckenring verhindern (15).

Typ-C-Verletzungen: Vertikal und horizontal instabile Verletzung. Diese sind gekennzeichnet durch eine rotatorische und translatorische Instabilität (dreidimensionale Instabilität) des Beckenringes. Sie betrifft den ventralen und vor allem den dorsalen Beckenring (15, 25).

Besteht die Instabilität nur auf einer Seite, handelt es sich um eine C1 Verletzung. Bei C1.1- Verletzungen ist eine Fraktur im Bereich des Os ilium die Ursache der Instabilität. Verläuft die Instabilität durch das IS-Gelenk, handelt es sich um C1.2- Verletzungen. C1.3- Frakturen sind durch die Instabilität einer Sacrumfraktur definiert. Liegt auf einer Seite des Beckenringes eine wie für C1 beschriebene Verletzung und auf der Gegenseite eine B- Verletzung des Beckenringes vor, so wird dieses Verletzungsbild als C2- Verletzung klassifiziert. Sind beide Seiten des Beckenringes rotations- und vertikalinstabil (Typ C), so liegt eine Verletzung Typ C3 vor (15).

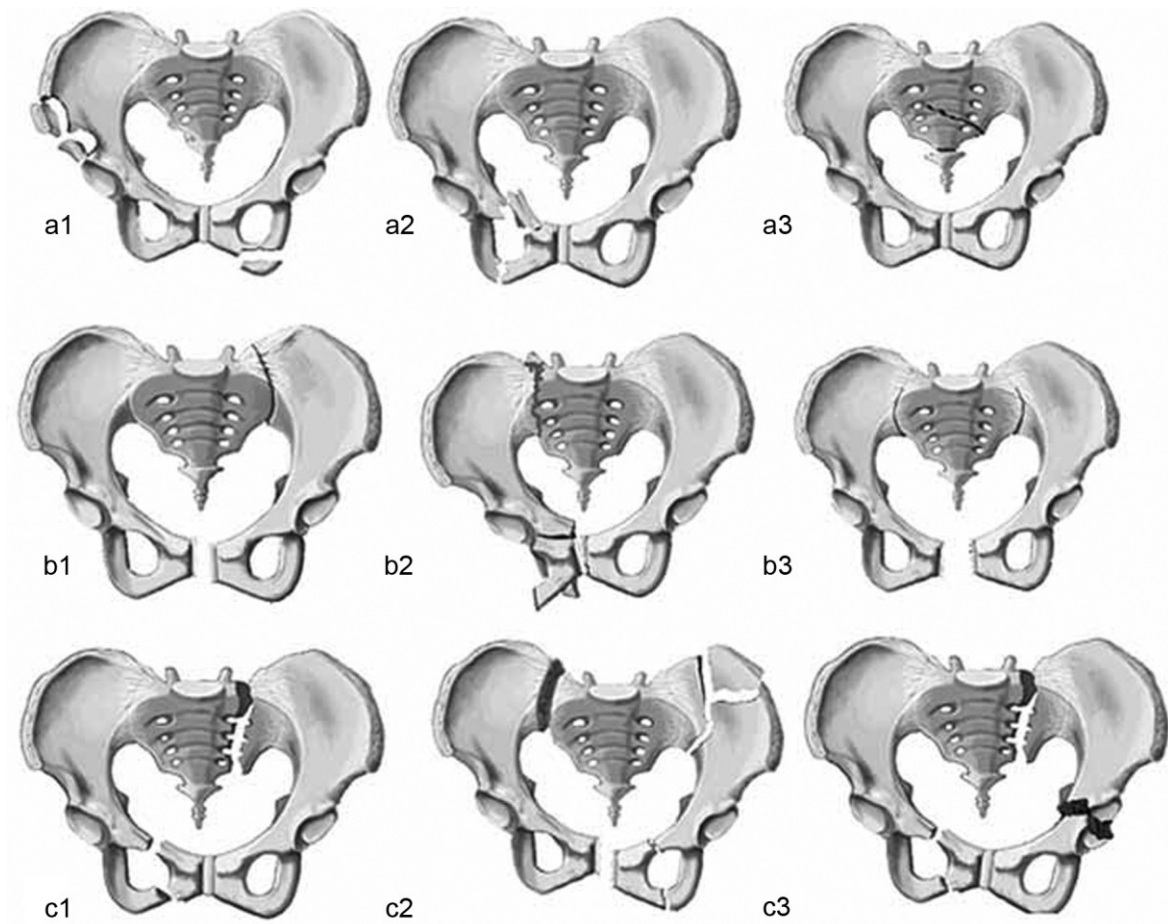


Abbildung 5: AO – Klassifikation

3.5.2.3. Klassifikation der Frakturen des Os sacrum

Die Frakturen des Os sacrum werden nach Denis in drei Zonen unterteilt, da sie bei Beckenringfrakturen eine zentrale Rolle einnehmen (Abb. 6). Zone- I- Frakturen im Ala- Bereich, bei denen weder ein Foramen noch der Zentralkanal des Os sacrum mit betroffen ist, kommen zwar prozentual am häufigsten vor (50%), werden aber durch die dorsalen sacroiliacalen Bänder überbrückt und sind somit stabil (15, 25). Bei Zone- II- Frakturen ist mindestens ein Foramen betroffen, ohne dass der Zentralkanal verletzt wurde, was wiederum bedeutet, dass die seltenen zentralen Sacrumfrakturen (15%) biomechanisch stabil sind (15, 25). Zu Zone- III- Frakturen zählen alle Frakturen mit Beteiligung des Zentralkanales (15). Von Bedeutung sind die relativ häufigen transforaminalen Sacrumfrakturen (35%), da sie nicht nur zu einer erheblichen Instabilität im dorsalen Beckenring führen, sondern auch mit einer hohen Rate (28%) von neurologischen Schädigungen einhergehen (15, 25).

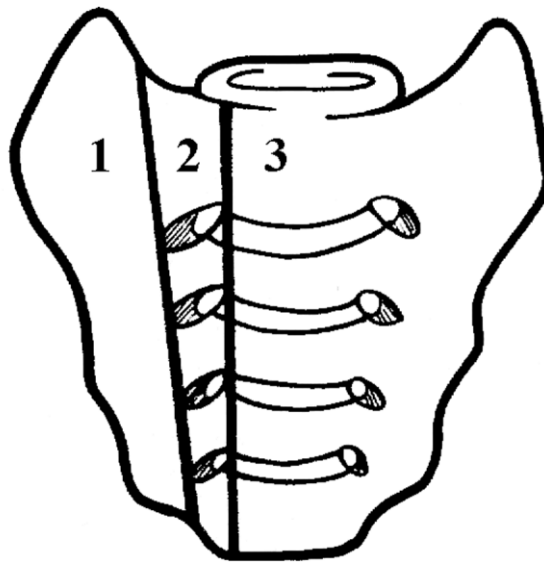


Abbildung 6: Os sacrum- Frakturzonen nach Denis et al

3.5.2.4. Klassifikation der Frakturen des Acetabulum

Die Klassifikationen der Acetabulumfrakturen sollen hier der Vollständigkeit halber nur erwähnt werden, da es einschlägige und ausführliche Literatur zum Nachlesen (27) gibt.

Judet und Letournel haben die heute gültige Klassifikation der Hüftpfannenfrakturen entwickelt (Abb.7), wodurch sich von zehn, fünf einfache und fünf zusammengesetzte Frakturtypen etabliert haben (27). Anatomische Grundlage dieser Klassifikation nach Letournel ist die Pfeilerstruktur des Acetabulums. Es besteht dabei funktionell aus einem vorderen und hinteren Pfeiler. Je nach Beteiligung beider Pfeiler unterscheidet man einfache und zusammengesetzte Frakturtypen (28).

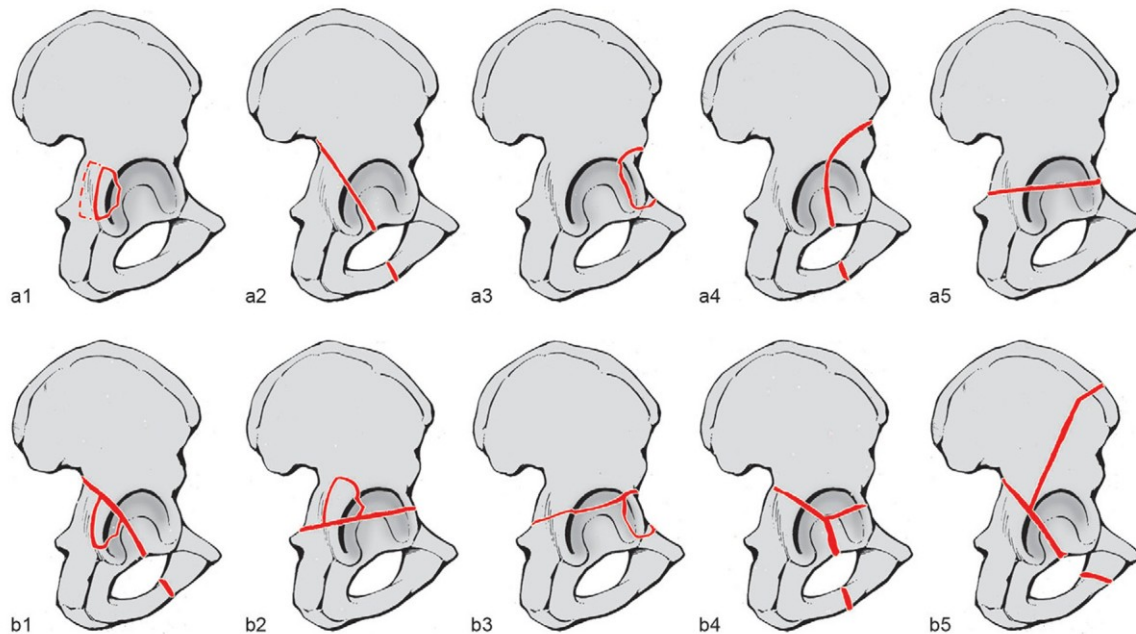


Abbildung 7: Klassifikation nach Letournel. **a** einfache Frakturtypen: dorsale Pfannenrandfraktur; dorsale Pfeilerfraktur; ventrale Pfannenrandfraktur; ventrale Pfeilerfraktur; Querfraktur (von links). **b** zusammengesetzte Frakturtypen: Fraktur des dorsalen Pfeilers und des dorsalen Pfannenrandes; Querfraktur mit dorsaler Pfannenrandfraktur; ventrale Pfannenrandfraktur mit dorsaler Hemiquerfraktur; T-Fraktur; Zweipfeilerfraktur. (29)

3.5.3. Anatomische Scores

Zur Klassifizierung der Verletzungsschwere und zur Ermittlung der Prognose wurden zahlreiche Score-Systeme entwickelt, um eine rasche, gezielte und effiziente Einschätzung sowie ein systematisches und problemorientiertes Vorgehen bei der initialen Diagnostik und Therapie zu ermöglichen.

3.5.3.1. Abbreviated Injury Scale (AIS)

Der Abbreviated Injury Scale (AIS) ist ein erstmals 1969 eingeführtes anatomisches Scoring-System. Verletzungen werden auf einer Skala von 1 bis 6 eingestuft, wobei 1 eine kleine, 5 und 6 eine schwere, tödliche Verletzung bedeutet. Basierend auf den Abbreviated Injury Scale (AIS) folgt der Injury Severity Score (ISS) (30, 31).

3.5.4.2. *Injury Severity Score (ISS)*

Der Injury Severity Score (ISS) wird in der Traumatologie zur Klassifikation und zur statistischen Erfassung von Verletzungsmustern bzw. Mehrfachverletzungen herangezogen und er stellt eine Prognose und die Überlebenswahrscheinlichkeit für die Schwere der Verletzung bei polytraumatisierten Patienten dar (30, 31).

Der Körper wird dafür in sechs Regionen (Kopf und Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen und Beckeninhalt, knöchernes Becken und Extremitäten, Körperoberfläche) eingeteilt. Die Bestimmung des ISS-Wertes ergibt sich durch das Zusammenzählen der Quadrate der drei höchsten AIS-Werte von den oben beschriebenen Körperregionen. Bei einem ISS-Wert von über 15 spricht man von einem schweren Trauma, wobei der maximale ISS-Wert 75 ($52+52+52$) beträgt (30, 31).

3.6. Arten der Beckenfrakturen

Im Rahmen von Beckenfrakturen wird eine Einteilung der verschiedenen Frakturformen nach funktionellen Gesichtspunkten vorgeschlagen, wobei die Stabilität des Beckenringes in den Mittelpunkt gestellt wird. Dabei spielen die Beckenfrakturen bei intaktem Beckenring gegenüber den Beckenringfrakturen eine untergeordnete Rolle (32). Ein instabiles Becken ist gekennzeichnet durch eine gleichzeitige vordere und hintere Beckenringfraktur. Vordere Beckenringfrakturen können mit Verletzungen der Blase, den ableitenden Harnwegen oder auch mit anderen intraabdominalen Verletzungen vergesellschaftet sein. Der Plexus lumbosacralis ist gefährdet, wenn die Fraktur den hinteren Beckenring betrifft (20). Beckenringfrakturen werden in stabile, dislozierte, inkomplette und instabile Frakturen eingeteilt (Typ I–III) (32).

3.6.1. Beckenrand- und Beckenringfrakturen

3.6.1.1. Beckenschaufelfrakturen

Hier kommt es zu einer isolierten Beckenfraktur im Bereich der Fossa iliaca. Diese kann entweder als Beckenrandfraktur vorkommen, als Abrissfraktur, ausgehend von der Spina iliaca posterior superior, die sich weiterstreckt entlang der Crista iliaceae, als auch als Trümmerfrakturen, oder Duverney-Thieme-Querfrakturen vorkommen.



Abbildung 8: Beckenschaufelfraktur

3.6.1.2. Schambein- und Sitzbeinfraktur

Synonym bekannt als sogenannte Schmetterlingsfraktur - eine stabile minimal dislozierte ein- oder beidseitige vordere Beckenringfraktur, wobei der osteoligamentäre Apparat des hinteren Beckenringes erhalten bleibt.

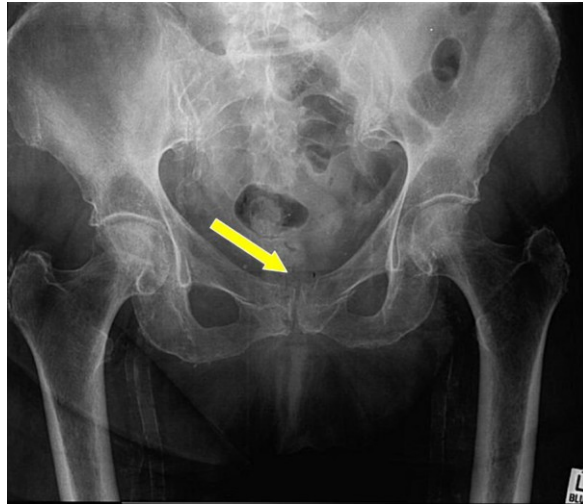


Abbildung 9: Fraktur des Os ischii

3.6.1.3. Symphysenruptur

Hierbei kommt es zur traumatischen Auseinanderreißung der Schambeinfuge, einer knorpeligen Knochenverbindung, meist bedingt durch anteriores-posteriores Kompressionstrauma. Diese ist auch bekannt als Symphysensprengung und kann während der Geburt aufgrund einer massiven Überdehnung beim Durchtritt des kindlichen Kopfes durch den Geburtskanal auftreten.

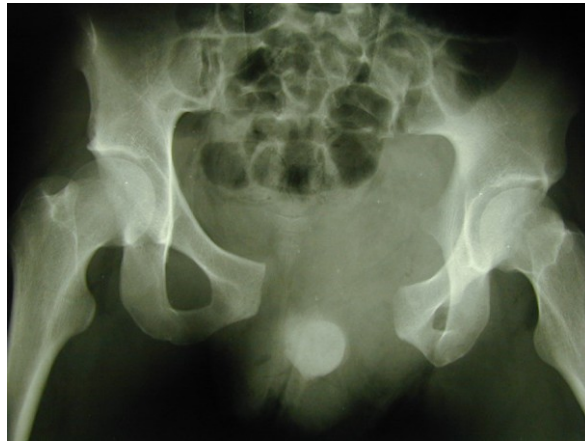


Abbildung 10: Open - Book Fraktur

3.6.1.4. Vordere und hintere Beckenringfraktur

Hier kommt es zu einer komplexen Instabilität des Beckens, da die Kontinuität unterbrochen und infolge dessen die statische Funktion des Beckens beeinträchtigt ist. Vordere Beckenringfrakturen kommen viel häufiger als hintere vor, da der vordere Beckenringanteil schwächer ist. Einfache, nicht dislozierte Beckenringfrakturen werden einer konservativen Behandlung unterzogen, wobei doppelte Beckenringfrakturen meist instabil und disloziert sind und einer operativen Versorgung bedürfen (33).



Abbildung 11: Vordere und hintere Beckenringfraktur. (Malgaigne-Fraktur). Sprengung des Ileosakralgelenkes mit Stufenbildung.

3.6.2 Acetabulumfraktur

Acetabulumfrakturen sind relativ seltene Verletzungen und können isoliert bzw. kombiniert mit Beckenringfrakturen auftreten. Ihre Inzidenz wird in der Literatur mit 3 Frakturen pro 100.000 Einwohner und Jahr angegeben (34). Sie entsteht entweder durch direkte oder indirekte Gewalteinwirkung und tritt meist in Kombination einer Hüftgelenksluxation, Hüftkopf- oder Schenkelhalsfraktur auf. Eine isolierte Acetabulumfraktur entsteht häufig durch eine axiale Stauchung, zum Beispiel nach einem Auto-Aufprallunfall, da die Fortleitung von einwirkender Energie auf das Knie sich zum Acetabulum ausbreitet und diese frakturieren kann (20).



Abbildung 12: Traumatische zentrale Hüftluxation bei Acetabulumfraktur und sekundärer Gelenkkongruenz

3.7. Klinische Bedeutung der Beckenfraktur

Instabile Beckenringverletzungen sind in vielen Fällen Teil einer Mehrfachverletzung oder eines Polytraumas (15). Polytraumatisierte Patienten mit Beckenfraktur stellen einen „Beckennotfall“ dar, deren Verletzungsschwere hoch einzuschätzen ist (25). Die Beckenfraktur an sich nimmt verglichen mit anderen Frakturarten, wie zum Beispiel typische Frakturen der langen Röhrenknochen, prozentuell nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtheit der Frakturen ein (29). Doch aufgrund der dazu führenden Verletzungsmechanismen ist die Beckenfraktur in aller Regel mit anderen schwerwiegenden Verletzungen im Sinne eines polytraumatischen Geschehens

vergesellschaftet. Des Weiteren muss beachtet werden, dass besonders nahegelegene vaskuläre Strukturen, sowie die gut durchblutete Spongiosa des Beckenknochens an sich eine Quelle für hämorrhagische Massenblutungen darstellen. Bezieht man diese Überlegungen in den klinischen Alltag mit ein, erklärt sich einerseits die hohe Mortalität (1, 35), die derartige Verletzungen regelmäßig aufweisen, sowie die Bedeutung von genauen Klassifikationen, optimaler Diagnostik und die raschest mögliche Akutversorgung mit dem Ziel der Stillung der Blutung. Erst nach erfolgreicher hämodynamischer Stabilisierung des Patienten sollte eine endgültige Versorgung, zum Beispiel mittels Osteosynthese, angestrebt werden. Neben den erwähnten vaskulären Komplikationen muss auch an nicht lebensbedrohliche, jedoch durchaus sehr ernst zu nehmende Läsionen der übrigen benachbarten Strukturen, wie Nerven und umliegende Weichteile gedacht werden. Diese zwar nicht unmittelbar lebensbedrohlichen Begleitverletzungen können durch Folgesymptomen, wie etwa erektile Dysfunktion, Harn- und Stuhlinkontinenz sowie motorisch-sensible Ausfälle durch Läsion, beispielsweise des Nervus ischiadicus, führen.

Aus diesen Gründen soll nun im Rahmen dieser Arbeit im folgenden Kapitel genauer auf diese Thematik eingegangen werden.

3.7.1. Einfluss von Gefäßverletzungen

Dominierende Todesursachen sind das akute Verbluten, die Sepsis und das Multiorganversagen. Scharfe Anspießungen, stumpfe Quetschungen oder Traktionsläsionen entstehen vor allem an den Verlaufsstrecken über dem vorderen und hinteren Beckenring und an fixierten Austrittsstellen vom Beckenkanal (25). Retro- und extraperitoneale Blutungen haben auch ohne große Gefäßverletzung oft eine erhebliche Blutungsdynamik (25). Patienten mit Frakturen im posterioren Beckenbereich zeigen eine größere Tendenz, Blutungen zu erleiden als solche, bei denen die Fraktur im anterioren Bereich lokalisiert ist (4). Die hier wesentlichen Strukturen stellen der venöse präasacrale Plexus, die arterielle Kollateralisation der Beckenetape sowie die spongiöse Frakturzone dar (25). Nur knapp 3% aller Beckenfrakturen sind von einer vital bedrohlichen Blutung begleitet, wobei die Letalität komplexer Beckenfrakturen bei 20% liegt und bei initialer Kreislaufunfähigkeit

auf 33% ansteigt (12). Die Mortalität liegt bei instabilen Beckenfrakturen bei 30%, wobei 10%-12% aufgrund des Blutverlustes angegeben werden (36).

3.7.2. Einfluss auf Nervenverletzungen

Die Angaben über beckenbedingte neurologische Schäden sind uneinheitlich in der Literatur und sind vom jeweiligen Patientenkollektiv abhängig. Für die Prognose sind jedoch gerade die neurologischen Folgeschäden von entscheidender Bedeutung, da sie mit motorischen Ausfällen und erheblicher Schmerzsymptomatik einher gehen können (15).

Die cauda equina, die Fascicel des Plexus lumbosacralis und die peripheren Nerven sind hochgradig gefährdet, durch Traktion, Quetschung und scharfe Traumen verletzt zu werden. Besondere Risiken bieten die transforaminalen sacralen Crush-Läsionen. Bei perisacralen Luxationen, „inneren“ und traumatischen Hemipelvektomien sind ausgedehnte Traktionsschäden bzw. komplette Ausrisse der genannten Strukturen obligat (25).

Stöckle listet in seiner Arbeit sämtliche Quellen zu neurologischen Folgeschäden auf und fasst einschlägige Literatur komplex zusammen. Eine anatomische Reposition und stabile Fixation des hinteren Beckenrings bildet die Voraussetzung für die Remission (15). Pohlemann berichtet aus einer Serie von 377 Sacrumfrakturen bei translatorisch instabilen C-Verletzungen über 2,6% neurologische Defizite bei transalaren Frakturen, 42,9% bei transforaminalen Frakturen und 63,6% bei zentralen Sacrumfrakturen (15). Er sieht die Indikation zur exakten Revision der Nervenwurzeln des sacralen Nervenplexus bei entsprechenden Schäden, da er bei etwa der Hälfte der Patienten mit Nervenschäden nach Dekompression und offener Stabilisierung eine Rückbildung der neurologischen Ausfälle beobachten konnte (15).

3.7.3. Viscerale Verletzungen

Das Becken stützt die Eingeweide ab und stellt gleichzeitig eine Verbindung zwischen Wirbelsäule und Beine dar. Beckenfrakturen sind häufig gekoppelt an Weichteilverletzungen, die Beckeneingeweide, Muskeln und Nerven stark in Mitleidenschaft ziehen können. Bei polytraumatisierten Patienten mit instabil frakturiertem Becken stellen Verletzungen der Beckeneingeweide, die nun nachfolgend beschrieben werden, eine zusätzliche Herausforderung dar.

Durch Berstung der Bauchhöhle im Rahmen von Überroll- und Quetschtraumen kommt es zur akuten Drucksteigerung in der Bauchhöhle mit Zerreißen der craniellen und caudalen Diaphragmen. Laut Wagner et al (25) führen diese Verletzungen in 40% zu Zwerchfellrupturen und zur Dünndarm-Exteriorisation durch das Diaphragma pelvis.

Am fixierten Durchtritt durch das Diaphragma pelvis kommt es häufig zu Verletzungen der Urogenitalorgane, insbesondere von der Harnröhre und der Harnblase. Zudem ist das äußere Genitale bei diesen Verletzungen besonders exponiert und vulnerabel (25).

Bei Verdacht auf - und Analläsionen stellt zur Diagnosesicherung die prä- oder intraoperative proktoskopische Exploration des Enddarms die Methode der Wahl dar. Bei Verletzungen in dieser Region besteht eine hohe Kontaminationsgefahr. Die diagnostische Erkennung einer undramatischen Verletzung erfordert prophylaktische Maßnahmen, wie zum Beispiel eine großzügige Anlage von „Schutz“ – Colostomien, deren Verwendung auch bei ausgedehnten Wunden in der Dammregion obligat angebracht ist (25).

3.7.4. Einfluss auf Lebensqualität ohne Lebensgefahr

Die Lebensqualität wird zum wesentlichen Teil von der Prognose bestimmt. So heilen stabile Beckenfrakturen meist komplikationslos aus und hinterlassen keine organischen Spätfolgen. Hingegen häufen sich bei instabilen Beckenfrakturen Folgeerscheinungen, die den Patienten auf Dauer physisch und psychisch beeinträchtigen können.

Patienten mit Beckenringfrakturen und Begleitverletzungen beanspruchen erhebliche Krankenhausressourcen und sehen sich mit Schwierigkeiten in der Rehabilitation konfrontiert. Aus Patientensicht sind Lebensqualität sowie die Rückkehr zur Vollzeitbeschäftigung Meilensteine der Genesung (37). Weber et al (37) untersuchten 2001 in ihrer Studie „Lebensqualität nach operativ behandelten Beckenringverletzungen“ 64 Patienten über einen Zeitraum von zehn Jahren mit dem Ergebnis, dass der Hanoverianer Verletzungsschlüssel (PTS) und die AO-Klassifikation direkt mit der Langzeitbehinderung korrelieren, diesbezüglich jedoch in keinem Zusammenhang zur Lebensqualität bzw. Langzeitbehinderung mit dem Injury Severity Score (ISS) (30) steht (38).

Sitzende Tätigkeiten können innerhalb von 12 Wochen wieder aufgenommen werden, ansonsten bestehen Einschränkungen im Wesentlichen aufgrund von Begleitverletzungen (Abb. 13). Eine Reihe von Untersuchungen belegt, dass zwar in der Technik der Behandlung in den letzten 30 Jahren erhebliche Fortschritte erzielt wurden, aber das klinische Ergebnis noch deutlich hinter den Erwartungen zurückbleibt. Ursachen sind vor allem in einer hohen Rate von neurologischen und urologischen Langzeitfolgen, von Folgen der allgemeinen Verletzungsschwere ("Polytrauma") oder aber von bisher nicht identifizierbaren Langzeitveränderungen abhängig. Im Rahmen der Multicenterstudie der Arbeitsgruppe Becken der DGU und Deutschen Sektion der AO International wird den Ursachen für diese Diskrepanz nachgegangen (39). Die anatomische Rekonstruktion des Beckenringes ist jedoch Grundvoraussetzung für das Erreichen eines guten Langzeitergebnisses. Bei anatomischen Fehlstellungen ist nachweisbar eine wesentlich höhere Rate von dauerhaften Behinderungen zu beobachten, wobei die kritische Grenze bei einer 5 mm und mehr betragenden Fehlstellung im hinteren Beckenring anzusetzen ist (39).

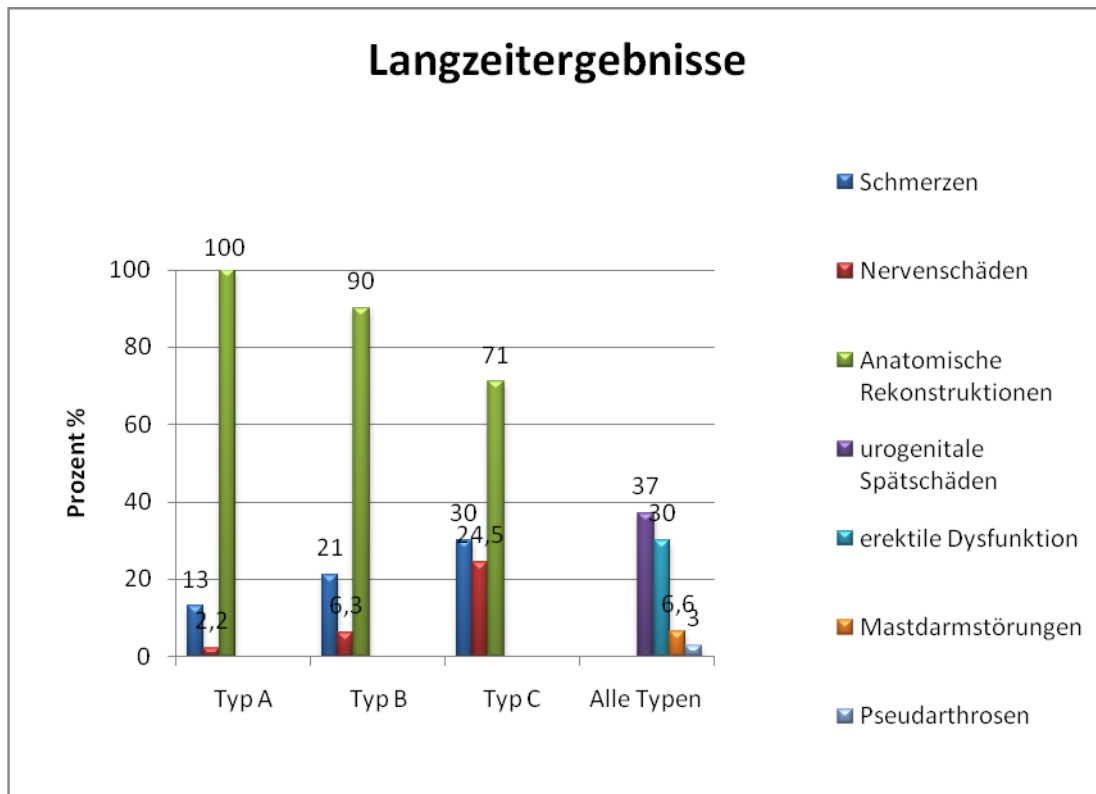


Abbildung 13: Langzeitergebnisse und Begleitverletzungen bei Typ A-, B-, C- Verletzungen.
Nach: (39)

3.8. Therapie

Kwasny und Mattheis (16) berichten in ihrer Arbeit „Schockraummanagement und Notfallbehandlung von schweren Beckenverletzungen“, dass aus epidemiologischer Sicht etwa 3–8% aller Frakturen das Becken betreffen. Davon sind allerdings nur 5–10% schwere Frakturen und 1–2% davon weisen lebensbedrohliche Blutungen auf. Selbst bei funktionierender Rettungskette und optimaler Therapie zeigen Kwasny und Mattheis, dass die Letalität der komplexen Beckenverletzung im Schwerpunktzentrum noch mit etwa 20% angegeben wird. Liegt eine Transfusionspflichtigkeit vor, steigt sie sogar auf 33%. Die Inzidenz der Beckenverletzung im Rahmen des Polytraumas beträgt je nach Unfallhergang zwischen 20 und 30%. Peripelvine Begleitverletzungen liegen in ca. 10% der Fälle vor (16).

Bei Beckenfrakturen gibt es verschiedene Ansätze der Behandlungsmöglichkeiten. Handelt es sich um stabile Beckenfrakturen, eine sogenannte Typ-A-Fraktur, wie zum Beispiel eine Sitz- oder Schambeinfraktur, kann diese in der Regel konservativ

therapiert werden. Vorrangig wird hier der frühen Mobilisation (20) großer Wert beigemessen - sie heilen meist ohne Komplikationen ab. Instabile Beckenringfrakturen müssen in der Regel operiert werden, da es zu einer kompletten bzw. komplexen Fraktur des Beckenringes kommt. Sie werden meist durch die Mitbeteiligung wichtiger, anatomisch naheliegender Strukturen des Beckens zum lebensbedrohlichen „Beckennotfall“. Frakturen mit Gelenkbeteiligung müssen immer operativ behandelt werden, da es nachhaltig zu schwere Folgeschäden, wie zum Beispiel zu Gelenksarthrosen kommen kann.

Eingangs soll in diesem Abschnitt die vorrangige Versorgung am Unfallort, das Schockraummanagement und ein Überblick diverser konservativer und operativer Therapiemöglichkeiten zur Beckenversorgung gegeben werden.

3.8.1. Versorgung am Unfallort

Die Versorgung Schwerstverletzter am Unfallort stellt eine besondere Herausforderung für Notärzte, Feuerwehr, Rettungs- und Polizeieinsatzkräfte dar (40). Dazu werden standardisierte Managementprotokolle, wie zum Beispiel das Prehospital Trauma Life Support® - Konzept (PHTLS®), (41) eingesetzt.

Der Verletzungshergang liefert erste Hinweise für das Vorliegen einer komplexen Beckenverletzung (16). Als typische Unfallmechanismen, die zu einer schweren Beckenfraktur führen, sind vorrangig Verkehrsunfälle, Abstürze aus großer Höhe, Hochrasanztraumen, Überrolltraumen (16, 23, 42) etc. anzuführen. Laut Thannheimer et al (43) muss der hämodynamisch instabile Patient mit Beckenfraktur zielgerichtet und zügig diagnostiziert und behandelt werden. Prognostisch müssen laut Probst et al (40) Gliedmaßen- oder lebensbedrohende Verletzungen bereits in der präklinischen Versorgung schnell erkannt und behandelt werden. Für Wagner et al (25) stellen der polytraumatisierte Patient mit Beckenfraktur einen absoluten Notfall dar.

Laut Kwasny und Mattheis (16) richtet sich die präklinische Diagnostik und Therapie nach den allgemein gültigen Therapieprinzipien der präklinischen Versorgung des Schwerstverletzten. Die Beurteilung der Beckenfraktur erfolgt mit der Fragestellung

auf äußere Verletzungszeichen, Stabilität, Symmetrie, Blutungen aus Anus, Urethra und Vagina (16).

Ein kurzer orientierender Blick ist also notwendig, um die anschließende Notfalluntersuchung des Schwerstverletzten durchführen und einschätzen zu können, ob der Patient unmittelbar oder im weiteren Verlauf lebensgefährdet ist. Innerhalb von 1–2 Minuten soll ein Notfallcheck erfolgen, um Parameter, wie Vitalfunktion, Bewusstseinslage, äußere Verletzungen, Pupillen und Motorik zu überprüfen (44). Sicherung und Stabilisierung des Herz-Kreislaufsystems haben für das Überleben oberste Priorität. Komplexe Beckenverletzungen (Typ B/C) sind mit einem hohen Blutverlust von 2–5 Liter in die Weichteile vergesellschaftet (16). Beim hypovolämischen Schock bleiben am Unfallort kristalloide und kolloide Lösungen als Volumenersatz dennoch Mittel der ersten Wahl (40).

Parallel zur Notfallversorgung soll eine prägnante Anamnese erhoben werden. Meist ist eine Eigenbefragung des Verletzten selbst nicht mehr möglich, sodass eine Fremdanamnese erhoben werden sollte.

Der Patiententransport erfolgt frühestmöglich nach der Blutstillung in die nächst geeignete Klinik (40), bevorzugt in ein Level-I-Traumazentrum (16), mit entsprechender Ausrüstung und Erfahrung (43).

3.8.2. Schockraummanagement

Für die Schockraumversorgung und den Ablauf in der Behandlung schwerer Beckenverletzungen existieren in der Literatur verschiedenste Algorithmen (16). Ansprüche, die für einen funktionierenden Ablauf bei Schwerstverletzten an ein Schockraummanagement gestellt werden inkludieren nach den ATLS®-Guidelines ein Basisteam, bei dem der Unfallchirurg die Teamleiterposition einnimmt und der anästhesiologische- und radiologische Dienstarzt als Teammitglieder fungieren. Je nach Notwendigkeit werden Spezialisten anderer Fachdisziplinen hinzugezogen, die Entscheidungen über Notwendigkeit, Zeitpunkt, Art und Ausmaß einer Therapie, insbesondere über operative Interventionen treffen. Idealerweise sollte sich das Schockraumteam aus zehn Mitarbeitern zusammensetzen (45).

Das Vorgehen nach dem Polytrauma-Versorgungsalgorithmus inkludiert vor allem ein synchrones Vorgehen hinsichtlich diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen. Bei Kreislaufinstabilität des Schwerstverletzten, zum Beispiel bei einem Überrolltrauma oder einer Hemipelvektomie, kann eine Blutstillung nur durch einen chirurgischen Eingriff erzielt werden (16). Eine gute Versorgung des Patienten stellt höchste Anforderungen und Leistungen an das zusammenarbeitende Schockraumteam. Parallel zur hämodynamischen Stabilisierung erfolgt eine Beckenübersichtsaufnahme, ein Thoraxröntgen sowie eine Abdomensonographie zum Ausschluss zusätzlicher Massenblutungen (16, 46). Erlaubt es der Allgemeinzustand des Patienten, ist der Goldstandard eine Computertomographische Abklärung (bei Verdacht auf Gefäßverletzungen eine CT-Angiographie), die in weiterer Folge durchgeführt wird (16, 46). Kwasny und Mattheis (16) beschreiben in ihrer Arbeit, dass Untersuchungen von Jang gezeigt haben, dass Beckenübersichtsaufnahmen in über 90% eine primär korrekte Diagnose bezogen auf die knöcherne Verletzung liefern. Die Planung der weiteren Therapie ergibt sich demnach vom Schweregrad der Verletzung und der daraus entsprechend resultierenden Kreislaufsituation (16).

Je nach Verletzungsart wird der Patient konservativ oder operativ saniert. In den nachfolgenden Kapiteln wird ein Überblick diverser Versorgungsmöglichkeiten dargestellt.

3.8.3. Konservative Therapie

Im Rahmen der konservativen Retention von Frakturen kommen Gipsverbände, Extensionen, Verbände und Hüllen zum Einsatz (20). Ist eine konservative Frakturbehandlung indiziert, ist die Kooperation des Patienten dringend nötig. Vorteile einer konservativen Therapie im Rahmen einer Fraktur stellen die geschlossene Reposition sowie das Ausbleiben einer Infektion und eines intraoperativen Traumas bzw. Blutverlustes dar (20). Nachteile in einer konservativen Versorgung liegen im schlechten Komfort und im erhöhten pflegerischen Aufwand des Patienten, in der eher nicht möglichen anatomischen Reposition sowie in der nicht immer möglichen sicheren Retention (20).

Eine konservative Behandlung beispielsweise kommt bei stabilen Beckenfrakturen zu tragen. Kommt es zu einer Beckenringfraktur im ventralen Segment des Beckens (Scham- und Sitzbein), so kann man anhand von Beckenstabilisatoren eine Ruhigstellung und Reposition anhand konservativer Methoden mittels Binding erzielen.

Zur manuellen Kompression des Beckens bieten sich Leintücher sowie verschiedenste Arten von Beckengurten (Abb. 14) an, die schnell und einfach angebracht und eine Stabilisation des Beckenringes ermöglichen. Stabile Beckenfrakturen heilen in der Regel komplikationslos und ohne Folgeschäden ab. Nach einer 2-3wöchigen Bettruhe stellen eine anschließende Mobilisation (20) unter physiotherapeutischer Begleitung einen essentiellen Prädiktor für eine gute Prognose dar (23).

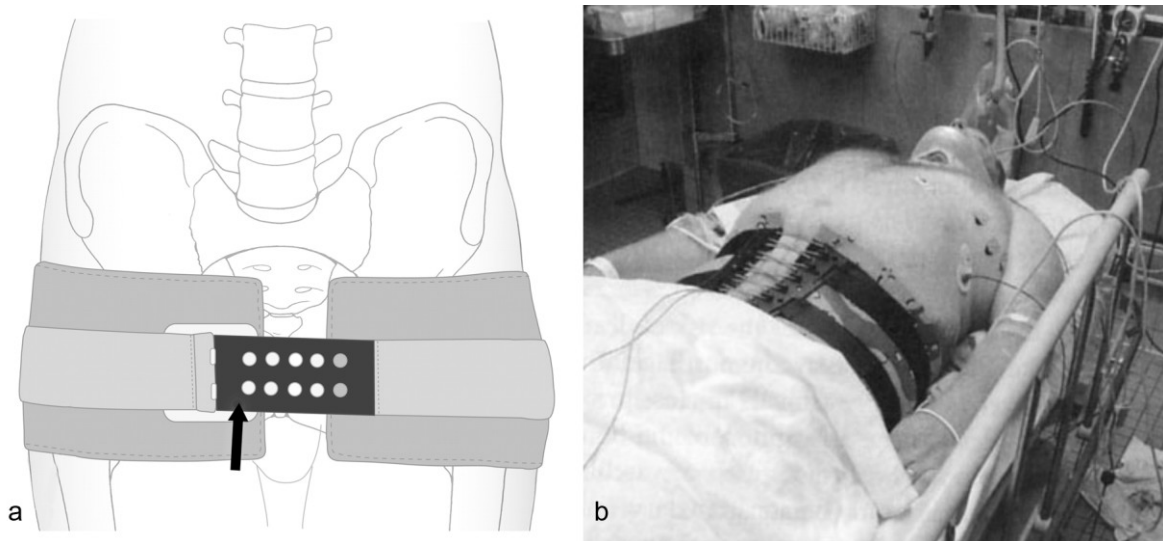


Abbildung 14: Pelvic Binder (Cingulum); a) Schema; b) Applikation am Patienten

3.8.4. Fixateur externe

Hier handelt es sich um eine indirekte, extern stabilisierende semirigide Osteosynthese, wobei Steinmann-Nägel und Schanz'sche Schrauben frakturfern perkutan eingebracht werden (Abb. 15). Es erfolgt eine Stabilisierung durch eine äußere Spannvorrichtung und findet im Frakturmanagement seinen fixen Stellenwert (47, 48). Sie ist rasch, einfach und ubiquitär einsetzbar (49), wobei neben der

Montage des Fixateur externe besonderes Augenmerk auf die Biomechanik, Weichteilsituation und auf das Nachbehandlungsregime bei der Platzierung der Schanz'schen Schrauben gelegt werden muss. Weiters betonen Grechenig et al (50) die Notwendigkeit einer regelrechten Pin-Pflege durch den Patienten selbst.

Verschiedene Arten von Fixateur externe spiegeln die Einsatzvielfalt wider, wie zum Beispiel Ringfixateure, Bewegungsfixateure, Halofixateur zur Stabilisierung von HWS-Verletzungen, Pin- und Pinlessfixateur sowie die Beckenzwinge (47), die nachfolgend in dieser Arbeit explizit behandelt wird.

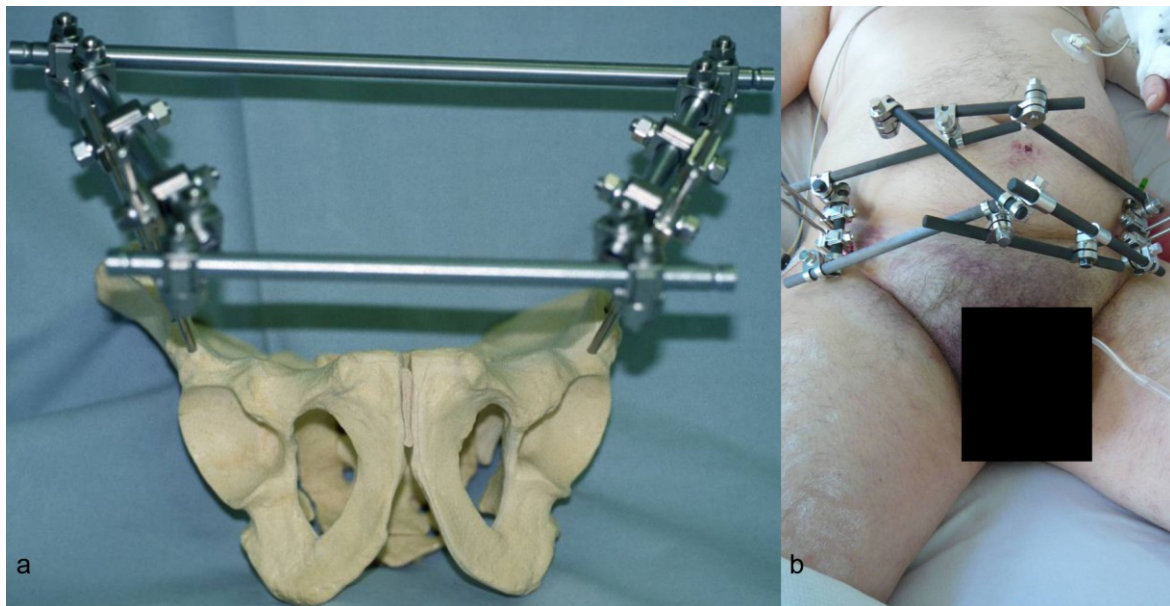


Abbildung 15: Fixateur externe am Beckenmodell (a) und am Patienten (b)

3.8.5. Pelvic C-Clamp - Notfallbeckenzwinge

Die Notfallbeckenzwinge ist ein Instrument zur hämodynamischen Stabilisation in der Akutversorgung bei instabilen Beckenringfrakturen (51–53). Die hämodynamische Instabilität resultiert aus einer traumabedingten Zerstörung intrapelviner Kompartimente. In 80-90% bestehen Blutungen aus dem intrapelvinen Venenplexus. Nur 18-27% der Blutungen kommen aus der intrapelvinen arteriellen Strombahn und aus den Frakturflächen selbst (54). Da es im Becken zu keiner Autotamponade

kommt, führt dieser Zustand unbehandelt zum Tod. Häufig sind diese Patienten sehr schwer verletzt, sodass lebensbedrohliche Weichteilläsionen hinzukommen (54).

Die von Ganz eingeführte Beckenzwinge (Abb. 16) kann in derartigen Fällen durch die Stabilisierung des Beckens mit nachfolgender Kompression der Frakturflächen sowie der Minimierung des intrapelvinen Volumens zur Verbesserung der Prognose beitragen (52). Aus mehreren Quellen geht hervor, dass die Handhabung und der Einsatz im Schockraum problemlos integrierbar sind. Aus einer Studie von Thiemann et al (53) geht hervor, dass ein positiver Trend auf die Hämodynamik bei instabil frakturierten Beckenverletzten nach Applikation der Notfallbeckenzwinge zu verzeichnen ist.



Abbildung 16: Notfallbeckenzwinge nach Ganz et al (zweite Generation)

Absolute und relative Kontraindikationen zur Anlage der Beckenzwinge werden in einer Studie von Thiemann und Hofmann (54) geschildert. Die Anlage einer Notfallbeckenzwinge stellen bei transiliakalen Frakturen und Luxationen eine absolute Kontraindikation dar. Eine relative Kontraindikation ist eine Sacrumtrümmerfraktur und das Vorliegen einer hochgradigen Osteoporose.

In dieser Arbeit wird nachfolgend ein ausführlicher Teil der notfallmäßigen Anlage der Beckenzwinge in der Akutversorgung gewidmet. Es stellt ein für Ärzte entwickeltes

Trainingsprogramm mit Schwerpunkt auf die sichere Positionierung der Beckenklemme, welches in einem Level-I-Traumazentrum durchgeführt wurde, dar.

3.8.6. Osteosynthese

Hier handelt es sich um eine operative Stabilisierung von Knochenbrüchen und –verletzungen, die drei Ziele verfolgt: Wiederherstellung der Anatomie, Herbeiführung von Übungsstabilität sowie den Erhalt der Knochendurchblutung (20). Zum Einsatz kommen verschiedene Materialien, wie Nägel, Schrauben, Platten, Drähte, Zuggurtung, Fixateur externe sowohl kombinierte Osteosynthesen, wie zum Beispiel die dynamische Hüftschraube (20).

Je nach Art und topographischer Lage einer Fraktur oder Luxation werden unterschiedliche Osteosynthesearten verwendet. Aufgrund der speziellen Anatomie im Becken kommen vorzugsweise Plattenosteosynthesen zum Einsatz (55).

3.9. Notfallbeckenzwinge, Pelvic C-Clamp

Instabile Beckenringfrakturen sind mit hohen Blutverlusten im Rahmen polytraumatischer Verletzungen verbunden und tragen in großem Ausmaß zu den hohen Mortalitäts- und Letalitätsraten (1, 11, 14, 16, 35, 56, 57) bei. Sadri et al (58) berichten weiters, dass die Mortalität bei Patienten mit hypotonen hämodynamischen Verhältnissen sprunghaft auf 38% ansteigt, verglichen mit einer 3%igen Mortalität bei hämodynamisch stabilen Patienten. Deshalb muss das Becken stabilisiert und die Blutung ehestmöglich gestillt werden. Dazu stehen im Rahmen des Akutmanagements vor allem das Binding und die Beckenzwinge (Pelvic C-Clamp) zur Verfügung. Obwohl in jüngerer Zeit durch Studien mehrfach ein sehr gutes Outcome in Verbindung mit der Benutzung einer Beckenzwinge nachgewiesen wurde, kommt sie nur in wenigen Traumazentren routinemäßig zum Einsatz. Dies mag daran liegen, dass ihre Anwendung und Handhabung höhere Anforderungen an den behandelten Arzt stellt. Im folgenden Kapitel soll vorerst durch ein geschichtlicher Exkurs über die Entwicklung der Beckenzwinge eine Übersicht

gegeben werden. Weiters soll dieses Kapitel durch eine detaillierte Beschreibung und bildliche Darstellung im Zusammenbau der Beckenzwinge zum besseren Verständnis beitragen.

3.9.1. Historischer Überblick

Beckenringfrakturen mit begleitenden Weichteilverletzungen stellten bis Mitte des 19. Jahrhunderts eine noch größere medizinische Herausforderung als heute dar. Für suffiziente bildgebende Verfahren zur Diagnose und Therapie standen nur begrenzte Möglichkeiten zur Verfügung, sodass der klinische Verlauf der Verletzungen auch nur selten durch Sektionsbefunde erfasst werden konnte. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts zählten Verschüttungen, Einquetschungen durch Tiere, Überfahrenwerden von nicht motorisierten Fahrzeugen und auch Stürze aus großer Höhe zu den wesentlichsten Verletzungsursachen. Immer mehr klinisches und wissenschaftliches Interesse folgte durch die fortschreitende Industrialisierung und dem auch damit verbundenen zunehmenden Straßenverkehr. Die Häufigkeit von Beckenverletzungen sowie das klinische Interesse an diesen lebensbedrohlichen Verletzungen stieg (15).

Bis Mitte der 1970 und 80er Jahre wurden stabile Beckenringfrakturen konservativ durch Bettruhe und zusätzlich mittels unterschiedlichster Konstruktionen von Beckenverbänden behandelt. Zudem folgten vielfach positive Erfahrungen mit der externen Stabilisierung von Beckenringverletzungen (15). Im Zentrum der Behandlung stand immer die Verhinderung des hämorrhagischen Schocks sowie des drohenden Verblutungstodes. So zitiert Stöckle (15) in seiner Habilitationsschrift, dass dies Peltier 1965 besonders unterstrich und verdeutlicht „Yet, with every breath, cough, or movement, the unstabilized fracture fragments shift and promote further bleeding. Since intrapelvic hemorrhage poses a major threat to life, we must assign a higher priority to the stabilization of pelvic fractures“. Seit den 1990er Jahren steht zur Notfallstabilisierung bei Beckenringfrakturen die Beckenzwinge von Ganz bzw. Browner zur Verfügung (15).

3.9.2. Komponenten der Beckenzwinge

Die Konstruktion der Beckenzwinge von Richter (1964) (Abb. 17a) gleicht dem Prinzip einer Schreinerzwinge, die eine dorsale Beckenringkompression ermöglicht (59). Seit den 1990er Jahren sind nach Ganz et al (1991) und Browner (1992) (59) Modelle der Notfallbeckenzwinge am Markt, die in ihrer Entwicklung verfeinert werden, aber im Grunde einen ähnlichen Aufbau und ähnliche Komponenten aufweisen. Anfängliche Generationen in der Entwicklung der Notfallbeckenzwingen setzten sich aus einer verlängerungsfähigen Querschiene, aus zwei Spannarmen, Gewindehülsen und Steinmann-Nägel (59) zusammen.

Mittlerweile brachten Firmen eine neuere Generation von der Notfallbeckenzwinge auf den Markt, die in ihrer Ausstattung detaillierter und flexibler in ihrer Anwendung sowie im Zusammenbau ist. „Baukästen“ neuerer Generationen beinhalten: Eine innere und äußere Schiene, einen oberen und unteren Spannarm, Gewindehülsen, durchbohrte Nägel und dazugehöriges Werkzeug für den Zusammenbau.

3.9.3. Modelle der Beckenzwinge

3.9.3.1. Beckenzwinge nach Ganz et al (1991)

Diese Konstruktion besteht aus einer im Querschnitt rechteckigen Stahlschiene mit einer Länge von 50cm und einem verschieblichen Zusatzstück, das eine Verlängerung auf 75cm gewährleistet. An dieser querverlaufenden Stahlschiene werden zwei 40cm lange Spannarme aufgesetzt, wobei ein Spannarm durch eine Anschlagschraube auf der Schiene in fester Position gehalten wird und der zweite Spannarm verschieblich bleibt. Das Verkanten und Blockieren beider Spannarme auf der querverlaufenden Schiene entsteht, wenn die Kraft am anderen Ende - entfernt von der Querschiene - der Spannarme wirkt. Dies funktioniert ähnlich dem Konstrukt einer Schreinerzwinge. Am unteren Ende der Spannarme findet man Vorrichtungen für Gewindehülsen, auf die Steinmann-Nägel aufgesteckt werden (59) (Abb. 17b).

In der weiteren Entwicklung folgte 2005 ein neues Modell der Beckenzwinge, die im Set bereits zusammengebaut ist und im Falle einer notfallsmäßigen Applikation

bereits fertig zur Hand genommen werden kann. Dieses Set setzt sich aus Teilen zusammen, deren Schritte im folgenden Kapitel im Detail beschrieben werden. Die Spannarme dieser weiterentwickelten Form können auf der Längsschiene in verschiedene Positionen einrasten, sodass ein flexibles Anbringen an körperliche Begebenheiten, wie Größe und Umfang des Beckens des Patienten angepasst werden kann. Das Grundprinzip der Stabilisierung ist gleich geblieben. Die Steinmann-Nägel sind bei der neuen Beckenzwinge durchbohrt und erlauben, dass zunächst Kirschnerdrähte an der richtigen anatomischen Position eingebracht werden, um darüber die Steinmann-Nägel zu positionieren (59).

3.9.3.2. Beckenzwinge nach Browner und Buckle (1992)

Hier handelt es sich um eine Bügelkonstruktion, die auch unter dem Namen ACE-Clamp bekannt ist (Abb. 17c). Grundsätzlich verfolgt diese Konstruktion das gleiche Ziel wie die Ganz'sche Zwinge (59). Es soll durch Kompression des hinteren Beckenringsegmentes zu einer Eindämmung bzw. Stillung der hämodynamisch wirksamen Blutung aus dem präasacralen Venenplexus etc. kommen. Hier treffen zwei halbkreisförmige Arme aufeinander, die an ihren Enden durch ein zentrales Gelenk miteinander verbunden sind (59). Am distalen Ende der halbkreisförmigen Arme sind Gelenke angebracht, in die eine Gewindehülse eingeschraubt wird. Wie Gasche (59) in seiner Arbeit bereits beschreibt, werden diese Nägel, die den Steinmann-Nägeln entsprechen, aufgesteckt. Weiters kommen Sonderausführungen – Nägel, die an ihrem distalen Ende eine Krone mit fünf Zacken aufweisen - für osteoporotische Knochen zum Einsatz. Die Technik der Applikation diverser Positionen, je nach Frakturtyp, sind wie bei der Beckenzwinge nach Ganz (1991) (59). Eine bleibende, stabilisierende Position wird durch einen Ratschenmechanismus im Zentralgelenk gewährleistet, der verhindert, dass die halbkreisförmigen Arme nach Annäherung wieder in ihre Ausgangsposition zurückweichen. Dies kann mit Hilfe einer zentralen Schraube geklemmt werden (59).

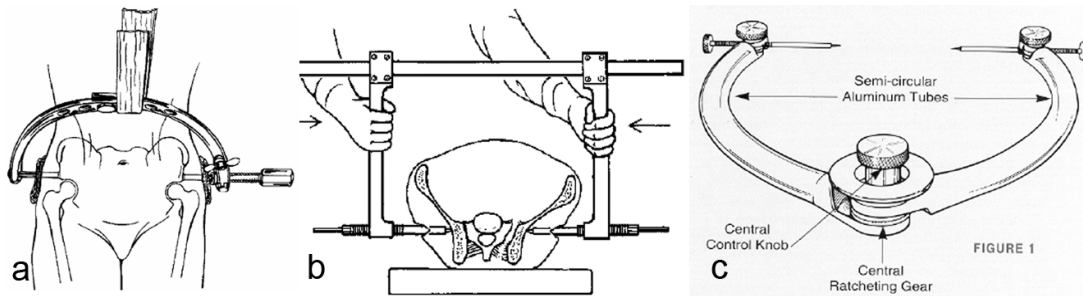


Abbildung 17: a) Richter (1964); b) Ganz et al (1991); c) Browner & Buckle (1992)

3.9.4. Zusammenbau der Beckenzwinge

Da für die im Rahmen dieser Arbeit behandelte Studie eine Notfallbeckenzwinge von der Firma SYNTHES® verwendet wurde, soll nun im Folgenden der Zusammenbau und in weiterer Folge die Anlage anhand dieser beschrieben werden. Zum besseren Verständnis werden hier auch die weiter oben beschriebenen Komponenten - wenn notwendig - detailliert beschrieben.

Im Normalfall wird man im Schockraum eine in einer sterilen Box bereits zusammengebaut gelagerte Klemme finden, um diese in der Notfallsituation schnellstmöglich anlegen zu können. Nichtsdestotrotz sollte jeder potentielle Anwender mit dem Zusammenbau zumindest soweit vertraut sein, dass er im Bedarfsfall die Klemme selbstständig zusammensetzen kann.

Der Inhalt einer solchen Box setzt sich wie folgt zusammen. Es findet sich eine Beckenklemme bestehend aus einer inneren Schiene, zwei äußeren Schienen, jeweils einen unteren und einen oberen Spannarm für jede Seite. In einer Aussparung am unteren Spannarm werden Gewindehülsen eingeschraubt, die einerseits das Einbringen der Steinmann-Nägel in die Klemme, andererseits das Fixieren dieser am Patienten ermöglichen. Die oberen Spannarme sind mit Druckknöpfen ausgestattet, sodass sie zur Lagerung in einem Winkel von über 90° nach innen geklappt werden können (Abb. 18a).

Des Weiteren findet sich eine separate Box (Abb. 18b), die für die Anlage benötigten Werkzeuge enthält. Der Inhalt dieser zusätzlichen Box setzt sich wie folgt zusammen: zwei Stück Kirschnerdraht $\varnothing 2.5\text{mm}$, Länge 280mm mit einem dazugehörigen Führungsriff, zwei bis vier Steinmann-Nägel, die in einer Länge von

190mm bzw. 210mm erhältlich sind und ein Hammer mit Steckschlüssel und passende Ratschen ($\varnothing 11\text{mm}$) für die Gewindehülsen. Optional ist eine Drahtschneidezange zum Kürzen der Kirschnerdrähte in der Box.

Befindet sich die Beckenklemme bereits zusammengebaut in dieser Box, müssen nur noch durch Druck auf die an den oberen Spannarmen seitlich befindlichen Druckknöpfe die unteren Spannarme nach unten geklappt werden. Um den Abstand der Spannarme an den Beckenumfang anpassen zu können, kann die Klemme durch Druck auf die an den oberen Spannarmen und den äußeren Schienen vorhandenen Knöpfe auseinander geschoben werden. Muss die Klemme zusammengesetzt werden, kann folgender Algorithmus angewendet werden (siehe Bilderserie):

Zunächst werden die äußeren Schienen von beiden Seiten auf die innere Schiene aufgesteckt. Hierbei ist zu beachten, dass beide Komponenten so zueinander ausgerichtet sind, dass der Ratschenmechanismus korrekt funktioniert. Nun werden die beiden Spannarme zusammengesetzt. Dies geschieht durch Einstecken des unteren Spannarmes in den oberen, wobei hierzu der untere Spannarm mit seiner langen Seite nach unten zeigend rechtwinkelig unter Druck auf den seitlichen Druckknopf eingerastet wird. Im Folgenden wird die Gewindehülse mit ihrem Sechskantstück nach außen zeigend in den unteren Spannarm eingeschraubt (Abb. A18c). Die nun zusammengebauten Spannarme (Abb. 18d,e) werden links und rechts auf die äußeren Schienen aufgesteckt, wobei hier wieder auf die korrekte Funktion des Ratschenmechanismus zu achten ist. Durch Druck auf die seitlichen Druckknöpfe werden zum Schluss die unteren Spannarme noch nach unten geklappt und die Beckenklemme mit Hilfe der vier oben befindlichen Knöpfe an die anatomischen Gegebenheiten des Patienten angepasst (Abb. 18e).



Abbildung 18: Zusammenbau der Notfallbeckenzwinge

3.9.5. Applikation der Beckenzwinge

Gegenüber anderen Methoden zur Stabilisierung des Beckens (Cingulum etc.) bietet die Anlage einer Notfallbeckenzwinge den Vorteil einer dauerhaften und sicheren hämodynamischen Stabilisierung bei trotzdem niedrigem Zeit- und Personalbedarf. Im Optimalfall besteht ein Team zur Anlage der Beckenzwinge aus drei Personen (zwei Ärzte, eine (OP) – Schwester), im Notfall ist die Aufgabe aber durchaus auch für ein Zweierteam (11) zu bewältigen. Der Vorteil einer pflegerischen Assistenz erklärt sich aus der Tatsache, dass diese durch Zureichen der Instrumente bzw. die zur Anlage notwendige Lagerung den Arbeitsfluss deutlich erleichtern und beschleunigen kann.

Die Anlage der Beckenzwinge erklärt sich aus deren Funktionsweise fast vollständig von selbst, trotzdem soll hier der in der Literatur beschriebene Algorithmus nochmals dargestellt werden.

Nachdem die Inzisionsstelle für einen operativen Eingriff gereinigt und vorbereitet wurde und die Beckenzwinge zur Applikation bereit liegt (siehe 2.9.4.), kann damit begonnen werden, die im Folgenden beschriebenen Landmarken aufzusuchen (Abb. 21a). Dafür kann es notwendig sein, dass die Assistenz bei massiv instabilen und dislozierten Frakturen durch Zug und/oder Innenrotation des betreffenden Beines annähernd anatomische Verhältnisse herstellt. Nun kann mit der Stichinzision an der vorher gewählten und entsprechend den Vorgaben aus der Literatur aufgefundenen Stelle begonnen werden (Abb. 21b). Sodann wird mit Hilfe eines stumpfen Instrumentes bis zum Knochen präpariert und die gewünschte Eintrittsstelle für den Kirschnerdraht aufgesucht (Abb. 21c). Steht ein Dreierteam zur Anlage zur Verfügung, können die Schritte bis hier an beiden Seiten parallel durchgeführt werden. Das Einbringen der Kirschnerdrähte, der Steinmann-Nägel und die Applikation des entsprechenden Armes der Klemme werden dann allerdings zuerst an der unverletzten Beckenhälfte vorgenommen. Der als Führungsdraht dienende Kirschnerdraht wird unter Zuhilfenahme des Führungsgriffes mit leichten Hammerschlägen in die Kortikals eingebracht. Über diesen wird nun der bereits an der Zwingen befestigte Steinmann-Nagel geschoben und die Klemme mit Hilfe des Ratschenmechanismus zusammengeschoben (Abb. 21 d), wodurch der Steinmann-Nagel auf der kontralateralen verletzten Seite ohne der Notwendigkeit eines

Kirschnerdrahtes in seinem Zielpunkt verankert werden kann (Abb. 21e). Nachdem beide Nägel in ihrem Zielpunkt sitzen, wird die Klemme weitest möglich komprimiert und die oberen Druckknöpfe mittels der dafür vorgesehenen Sperrstifte blockiert (Abb. 21f). Die weitere und hämodynamisch wirksame Komprimierung des Beckens wird dann durch Einschrauben der Gewindehülsen mittels des Sechskantschlüssels im Hammergriff bzw. mittels der im Set enthaltenen Ratsche erzielt (Abb. 21g). Da die Klemme dank ihrer Bauart nun frei um die Steinmann-Nägel rotiert werden kann (Abb. 21 h,i), ist es notwendig, die potentiellen Auflageflächen der Querschienen auf Abdomen und Oberschenkel mit Tüchern zu polstern, um druckbedingten Verletzungen vorzubeugen (60). Obwohl nicht in der kompletten einschlägigen Literatur empfohlen, kann der korrekte Sitz der Pins nun noch mittels fluoroskopischer Bildgebung geprüft werden. Dies scheint jedoch nur notwendig, wenn durch die Beckenzwinge keine ausreichende Hämostase erzielt werden konnte. Pohlemann (11) empfiehlt den Bildwandlereinsatz auch bei den ersten Applikationen.

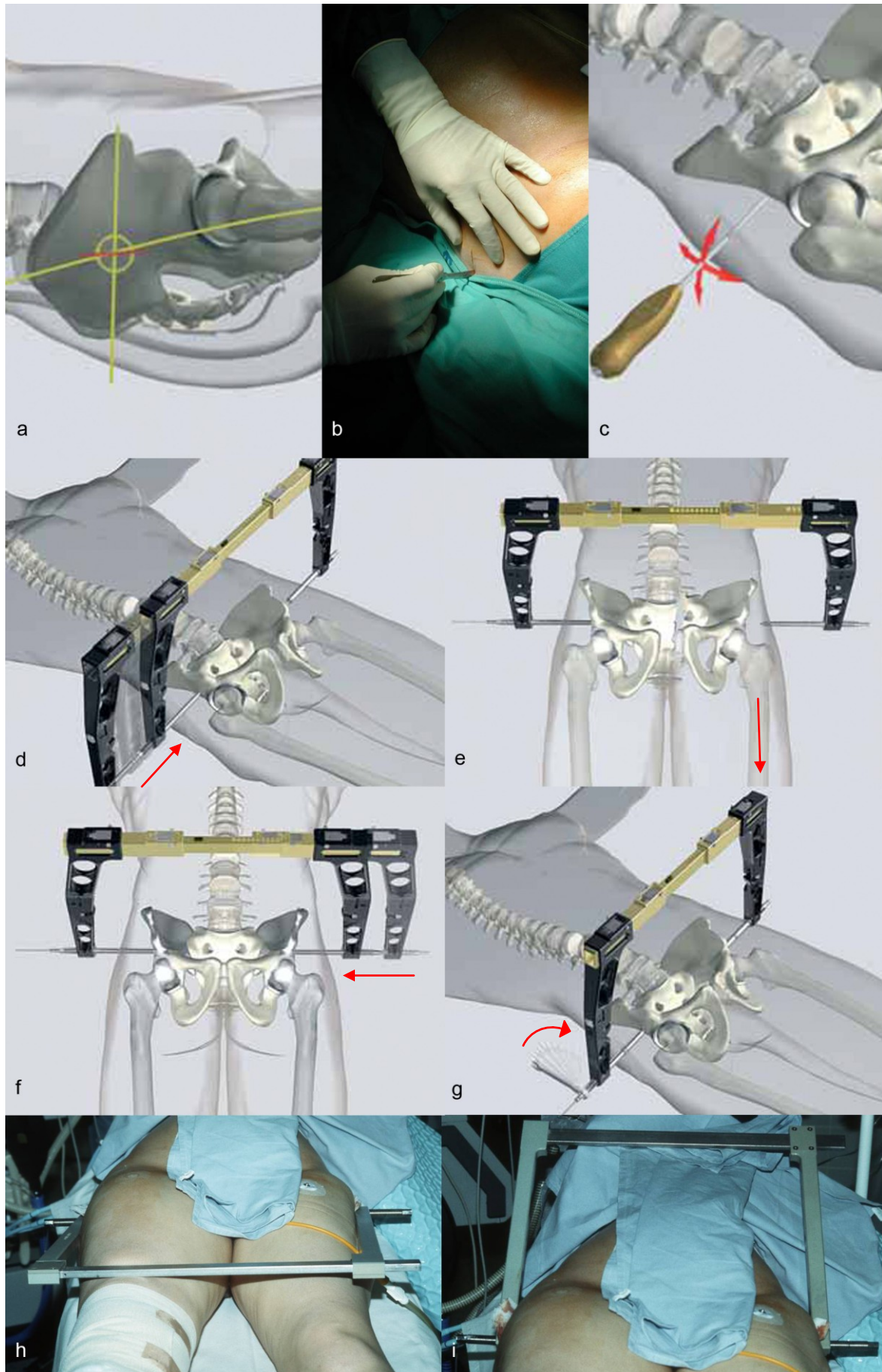


Abbildung 19: Applikation der Notfallbeckenzwinge

3.9.6. Applikationsorte der Steinmann-Nägel

Für die Platzierung der Steinmann-Nägel am Becken des Patienten finden sich zur Zeit in der Literatur vier verschiedene Möglichkeiten. Im Folgenden werden die Zielpunkte der Pins bei der anterioren, posterioren, supraacetabulären und trochanteren Positionierung kurz beschrieben. In der folgenden Studie wurde in Übereinstimmung mit dem von SYNTHES® beigelegten Handbuch die Positionierung nach Pohlemann et al (1, 11, 61) gewählt. Eine detaillierte Beschreibung dieser, inklusive Auffinden der Landmarken etc., kann im Methodenteil der Studie gefunden werden.

Zum Auffinden der richtigen Position zum Platzieren der Beckenzwinge bei instabilen Beckenringfrakturen stellt das Wissen über die anatomischen Landmarken einen unverzichtbaren Bestandteil in der Anwendung dieses Notfalleingriffes dar. Im Folgenden werden diese Anhaltspunkte zur besseren Vorstellung beschrieben und bildlich dargestellt.

3.9.6.1. Anteriore Pinposition – anatomische Landmarken

Beim Tasten des Beckenkamms (Crista iliaca) findet man 5-6cm unterhalb der Crista iliaca eine knochendichtere Stelle über dem Actetabulum zwischen der Spitze des Trochanter major und der Spina iliaca anterior superior. Dieser Spot findet sich an dieser knochendichteren Stelle, drei Finger breit posterior zur Spina iliaca anterior superior (Abb. 21a) (61).

3.9.6.2. Posteriore Pinposition – anatomische Landmarken

Diesen Punkt tastet man 4-5cm ventral der Spina iliaca posterior superior an der knochendichteren Stelle des Os Coxae gegenüber des Iliosacralgelenks. Hier findet sich anatomisch eine Kerbe („Groove“), die durch den Winkel des lateralen Cortex und der Ala ossis ilii gebildet wird (1, 61). Pohlemann et al (1) beschreiben, dass hierbei die Verlängerung der Femurachse nach kranial herangezogen wird und man

dadurch eine virtuelle „Femurallinie“ erhält. Durch diese Verlängerung der Femurachse zieht man eine vertikale Linie, ausgehend von der Spina iliaca anterior superior. Der Kreuzungspunkt dieser beiden Linien ergibt laut Pohlemann die Inzisionsstelle. Anschließend wird mit einem stumpfen Instrument bis zum Knochen präpariert und die Kerbe als Anhaltspunkt für die posteriore Pinposition zur Anlage der Notfallbeckenzwinge aufgesucht (Abb. 21a,b) (1).

3.9.6.3. Supraacetabuläre Pinposition – anatomische Landmarken

Beim liegenden Patienten wird die Spitze des Trochanter major getastet und 2-3 Querfinger oberhalb eine Stichinzision durchgeführt. Nun wird stumpf bis auf das Acetabulumdach präpariert und dieses nach kaudal getastet, um sich zu orientieren. Frosch et al (62) beschreiben die genauen Winkel der Fixateurpins. Diese empfehlen einen Zugang von ventral in einem Winkel von 20-30° zur Sagittalebene, um den ventralen Aufbau des Fixateurs zu ermöglichen und eine Pindislokation im Becken zu verhindern. Die Lage der eingebrachten Pins sollte 2-3cm oberhalb des kranialen Acetabulumrandes sein. Danach wird die Beckenzwinge an beiden Pins und am Bügel fixiert (Abb. 21c) (62).

3.9.6.4. Trochantäre Pinposition – anatomische Landmarken

Archdeacon beschreibt die trochantäre Pinposition und favorisiert diese Applikationsform bei adipösen Patienten (63). Laut Archdeacon (63) befindet sich der ideale Punkt für die Kraftübertragung der Klemme am Trochanter major, da so die von der Klemme ausgeübte Kraft in der Transversalebene direkt auf die Symphysis pubis und das Iliosacralgelenk wirken würde. Durch eine 1cm große Stichinzision am Trochanter major wird die Beckenklemme appliziert. Nach dem Anbringen wird die Klemme unter Zug an der instabilen Beckenseite und durch gleichzeitiger Innenrotation beider Beine durch den Ratschenmechanismus fixiert (Abb. 21d) (63).

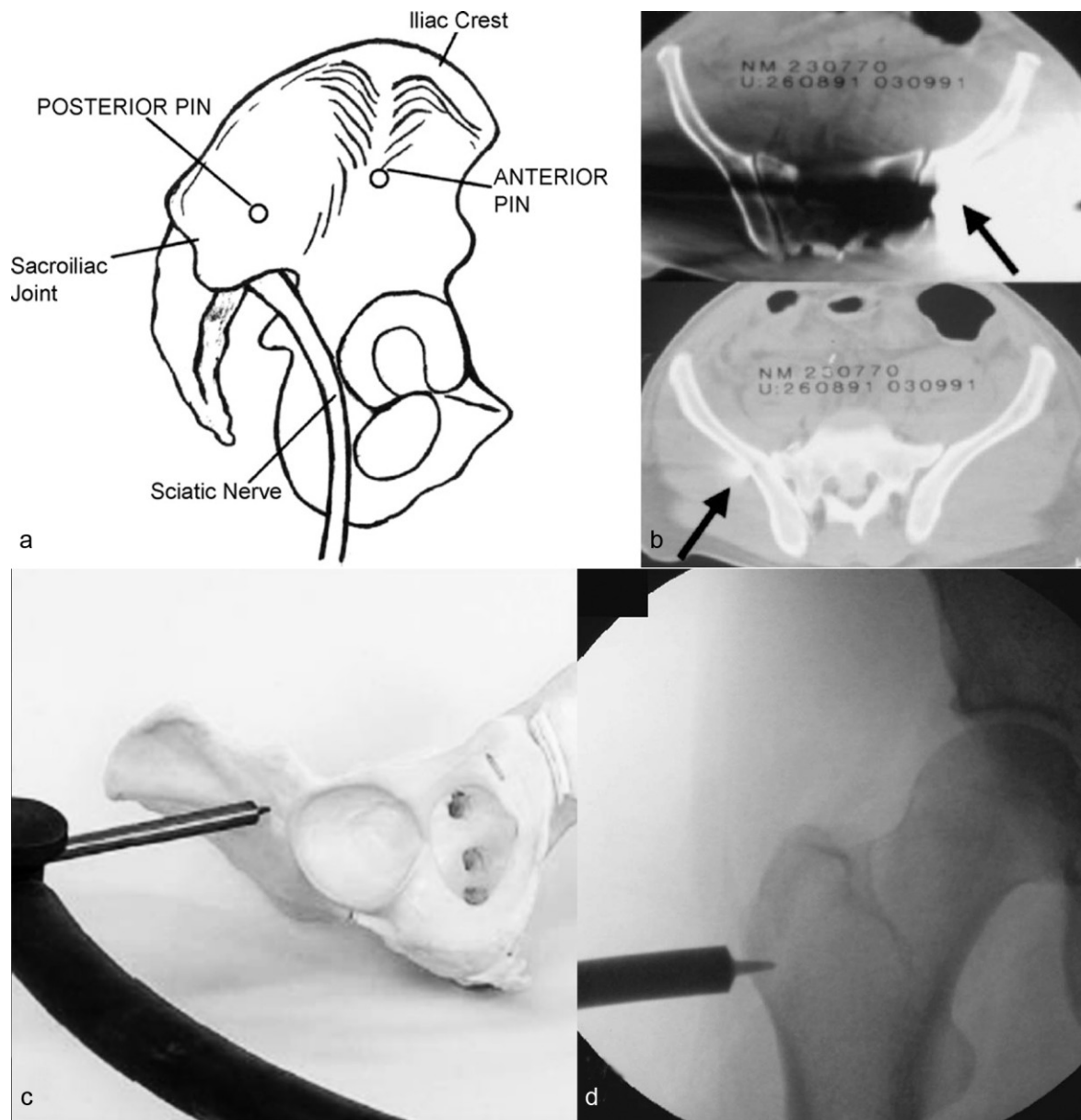


Abbildung 20: Mögliche Pin - Positionen

3.9.6.5. Vor- und Nachteile der verschiedenen Applikationsformen

Je nach Frakturart und der damit verbundenen Instabilität des Beckenringes bietet sich eine andere Applikationsform der Notfallbeckenzwinge an. Im folgenden Teil werden Vor- und Nachteile der jeweiligen Form beschrieben.

Die Vorteile in der anterioren Pinposition liegen in der leichteren anatomischen Orientierung im Vergleich zur posterioren Pinposition. Sie ist eine nachgewiesene und erprobte Methode, deren besonderer Vorteil im größeren Abstand zum N. ischiadicus, Incisura ischiadica major sowie zum superioren glutealen

neurovaskulären Bündel zu finden ist. Nachteile in der anterioren Platzierung der Beckenzwinge liegen in der Nähe zur Hüftgelenkscapsel sowie in der Perforation des Hüftknochens durch die Kompression (61).

Die posteriore Pinposition ist eine ebenso erprobte und nachgewiesene Methode in der Anwendung der Beckenzwinge. Vorteil dieser Applikationsform ist, dass der dorsale Beckenring adäquat komprimiert und stabilisiert werden kann. Sie bietet zudem einen größeren Abstand zur Hüftgelenkscapsel. Nachteile der posterioren Platzierung der Klemme bestehen in der Nähe zum N. ischiadicus, zur Incisura ischiadica major und zum superioren glutealen neurovaskulären Bündel. Frosch et al (62) sehen einen weiteren Nachteil im inkompletten Schluss und in einem Klaffen des vorderen Beckenringes, sodass eine zusätzliche Anlage eines externen Fixateurs empfohlen wird (62). Die Gefahr einer Perforation in die Beckenhöhle stellt zudem einen nicht zu verachtenden Nachteil dieser Methode dar. Da diese Lokalisation, die am besten beschrieben ist und die geforderten Landmarken in der Regel auch bei Bestehen von Dislokationen und Hämatomen aufgefunden werden können, wird diese Methode auch im Handbuch der Notfallbeckenzwingen der Firma SYNTHES® beschrieben und empfohlen.

Vor- und Nachteile, die in der supraacetabulären Pinpositionierung zu finden sind, beschreibt Frosch (62) folgendermaßen: „Durch Schluss des vorderen und hinteren Beckenrings kommt es zur Volumenverkleinerung des kleinen Beckens. Ein zusätzlicher ventraler Fixateur externe ist somit nicht notwendig. Eine Kontamination des Zugangs für die spätere ISG-Verschraubung kann durch die supraacetabuläre Anlage ebenfalls vermieden werden. Als nachteilig erwies sich die in einem Fall beobachtete Überkompression des vorderen Beckenrings mit einem Übereinanderschieben der Schambeinäste. Dies sollte durch manuelle Kontrolle des Symphysenschlusses oder durch radiologische Repositionskontrolle vermieden werden.“

Die trochantäre Positionierung bietet die Vorteile, dass die Landmarke Trochanter major leicht zu lokalisieren ist und dass diese Region wenig wahrscheinlich durch die Folgen des Traumas deformiert oder „verdeckt“ ist. Weiters stellt eine hier fixierte Beckenzwingen keinerlei Hindernis für einen eventuell notwendigen abdominal- oder beckenchirurgischen Eingriff dar und kann laut Archdeacon (63) zumindest bis zur definitiven Versorgung mittels Osteosynthese belassen werden. Archdeacon nimmt

auch an, dass die Klemme hier für eine lange Zeit (bis zu mehreren Tagen) belassen werden könnte, auch wenn empirische Daten hierzu fehlen.

3.9.6.6. Indikationen und Kontraindikationen der Beckenzwinge

Indiziert ist die notfallmäßige Anlage der Beckenzwinge bei Patienten mit instabilen Typ-C-Beckenfrakturen kombiniert mit einer beckenbedingten Kreislaufinstabilität, d.h. lt. Pohlemann et al (11) einem beckenbedingten Blutverlust von mehr als 2000 ml. Weiters gibt Pohlemann klinische Anhaltsgrößen an, die als Faustregel benutzt werden können. Dazu zählen ein Eingangs-Hb unter 8mg/dl (11) bzw. ein Eingangs-Hb unter 7mg/dl (64) und das Vorliegen einer klinisch tastbaren Beckenringinstabilität, die weiterhin einer Beckenübersichtsaufnahme (Inlet, Outlet) bedarf, um das Verletzungsausmaß im dorsalen Beckenring darzustellen und vor allem auch zum Ausschluss von Kontraindikationen einen unverzichtbaren Teil des diagnostischen Vorgehens darstellt. Mit der Inlet-Aufnahme (Röntgenröhre 30° caudo-cranial geneigt), die eine direkte Aufsicht auf die Linea terminalis ermöglicht, lassen sich insbesondere ventro-dorsale Verschiebungen des Beckenringes erfassen (25). Die Outlet-Aufnahme (Röntgenröhre 30° cranio-caudal geneigt) erlaubt die Beurteilung von cranio-caudalen Verschiebungen des Beckenringes und gestattet durch eine direkte Aufsicht die genaue Beurteilung des Sacrums selbst (25). Obligat ist laut Pohlemann die Durchführung einer Primärdiagnostik entsprechend des ATLS-Konzeptes, um das Becken als Blutungsquelle zu sichern.

Pohlemann (11) erklärt, dass relative Kontraindikationen bei sacralen Trümmerzonen mit der Gefahr der Nervenüberkompression bestehen, wobei die lebensbedrohliche Blutung auf keinen Fall aus den Augen verloren werden darf und daher im eigenen Vorgehen diese Situation keine Kontraindikation zur Notfallstabilisierung darstellt. Im Handbuch der Firma SYNTHES® (60) wird jedoch darauf hingewiesen, dass in lebensbedrohlichen Situationen der Eindämmung von Blutungen gegenüber der möglichen Gefahr von Nervenwurzelkompressionen Vorrang gegeben werden muss.

Absolut kontraindiziert ist die Beckenzwinge bei transiliakalen Verletzungen sowie transiliakalen Luxationsfrakturen des IS-Gelenkes, da hier, so Pohlemann (11), die Dorne der Beckenzwingen durch die Fraktur nach zentral perforieren können (Abb. 22).

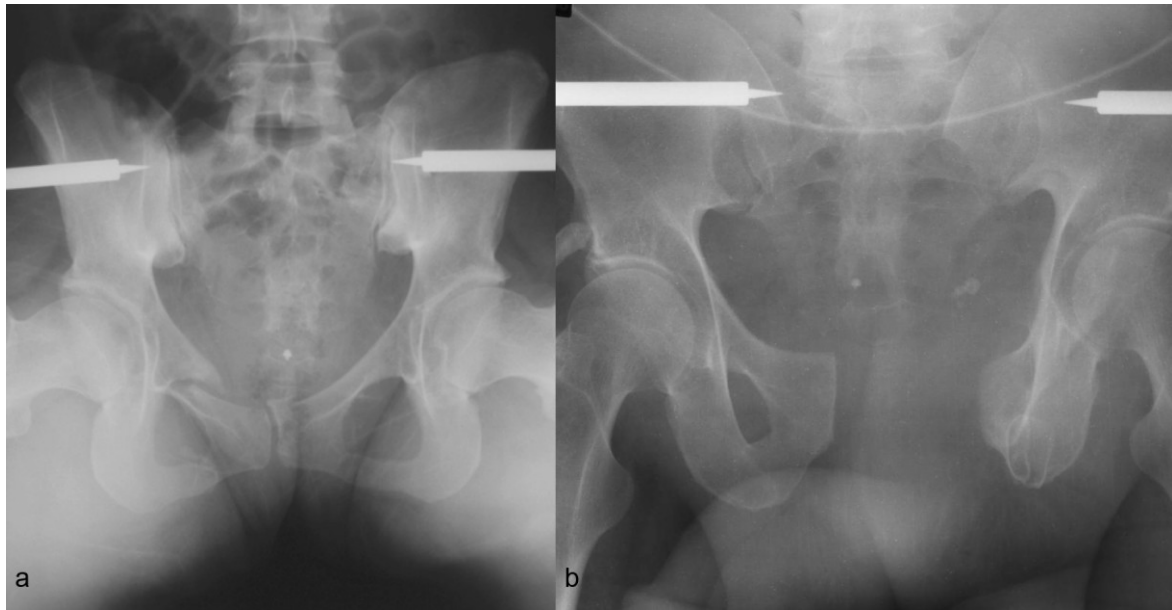


Abbildung 21: a) Optimal platzierte Pins und b) Dislokation

3.9.6.7. Prä- und postoperatives Management

Um einen reibungslosen Ablauf des Notfalleingriffes zu gewährleisten, sollte wie auch im Handbuch der Firma SYNTHES® (60) empfohlen, ein steriles Komplettsset im Schockraum einsatzbereit gelagert werden. Da es verletzungsbedingt beim Aufsuchen und Darstellen der anatomischen Landmarken zu Orientierungsschwierigkeiten kommen kann, muss die Notfallbeckenzwingen in solchen Fällen unter Bildverstärkerkontrolle appliziert werden.

Die präoperative Vorbereitung setzt eine Anteroposteriore (AP) Beckenleeraufnahme und bei Bedarf schräge Darstellungen – Inlet und Outlet - oder bei Notwendigkeit ein CT voraus. Während des Notfalleingriffes muss die Lagerung des Patienten so gewählt sein, dass Durchleuchtungskontrollen in den Projektionen AP, Inlet und Outlet möglich sind. Ist der Patient in der dafür am besten geeigneten Position gelagert (Rückenlagerung), soll zur Erleichterung der Reposition die Seite des

frakturierten Beckens unbedeckt bleiben. Nach Desinfektion des proximalen Femurs sowie des Gesäßes kann nach Abdecken mit sterilen Wundtüchern mit dem Notfalleingriff begonnen werden (60).

Das postoperative Management gestaltet sich in der Kontrolle der sicheren Positionierung der Beckenzwinge mittels AP Röntgenaufnahme oder CT. Die Notfallbeckenzwingen darf keinesfalls zum Heben und Drehen des Patienten verwendet werden. Sollte die Stichinzision sehr ausgedehnt sein, kann eine adaptierende Hautnaht gesetzt werden. Die Eintrittsstellen der Steinmann-Nägel müssen akribisch desinfiziert und verbunden werden, um Sekundärinfektionen weitestgehend einzudämmen. Zu bedenken und beachten ist auch, dass der Patient mit einer Beckenzwingen unter keinen Umständen seitlich gelagert werden darf, da es zu einer Dislokation durch die eingebrachten Steinmann-Nägel kommen bzw. der Knochen perforiert werden könnte. Das weitere postoperative Procedere des Verletzungsmanagements erfolgt gemäß den Polytraumaprotokollen (60).

3.9.7. Outcome und Stellenwert der Notfallbeckenzwingen

Obwohl die Notfallbeckenzwingen durchwegs als sehr hilfreiches Instrument zur Stabilisierung von Beckenfrakturen und Blutungen beschrieben wird, findet sich doch sehr wenig Literatur zu diesem Thema. In jüngerer Zeit handelt es sich um eine prospektive Multicenter-Studie der AG Becken II der DGU (65) und vor allem um retrospektive (53, 64, 66) Untersuchungen und Analysen. Trotzdem soll hier versucht werden anhand der in der Literatur beschriebenen objektiven Daten zumindest eine Abschätzung über die tatsächliche Effizienz zu ermöglichen.

Die Notfallbeckenzwingen ist das „ideale Instrument“ für die Schockraumsituation, da die Patienten zweifelsohne vom frühzeitigen Einsatz einer Beckenklemme profitieren, schreiben Tiemann et al (53). Die Ergebnisse dieser Studie, mit einer Untersuchung von 11 polytraumatisierten Patienten mit instabilen dorsalen Beckenringfrakturen und mit einem Durchschnittsalter von 38 Jahren wurden in einem Zeitraum von 1999 bis 2001 dokumentiert und evaluiert. Eine retrospektive Erhebung von Patientendaten wurde über den Zeitraum von der Ankunft im Klinikum bis 48 Stunden nach Anlage der Notfallbeckenzwingen nach Kriterien wie, Zeitraum bis zur Applikation der

Beckenzwingen, mittlerer arterieller Blutdruck (MAD), Oxygenierungs-Koeffizient (Koeffizient $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), Anzahl benötigter Blutkonserven und den Zeitraum bis zur Kreislaufstabilisation durchgeführt. In zehn Fällen handelte es sich um „C-Verletzungen“ des hinteren Beckenringes und einmal um eine „B-Verletzung“.

Der durchschnittliche Ausgangs-Hb betrug 5.2 mmol/l, wobei nachfolgend die Anzahl der verabreichten Blutkonserven in der ersten, 2. bis 6., 7. bis 12. und der 13. bis 24. Stunde dokumentiert wurde. Die Auswertung des mittleren arteriellen Blutdruckes zeigte eine Stabilisierung in acht der überlebenden Patienten nach sechs Stunden und es war ein Anstieg von 25% nach bereits 20 Minuten zu verzeichnen. Des Weiteren konnte analog zum mittleren arteriellen Blutdruck nach sechs Stunden eine Stabilisierung des Oxygenierungs-Koeffizienten dokumentiert werden. Es ließen sich aus dieser Untersuchung einige „Trends“ ableiten: fünf Stunden nach Anlage der Beckenzwingen reduzierte sich der Blutkonservenbedarf, sechs Stunden später kam es zu einer Stabilisierung des Oxygenierungs-Koeffizienten, sowie zu einem 25%igen Anstieg des mittleren arteriellen Blutdruckes. Zudem konnte beobachtet werden, dass ein kombiniertes Trauma (Thorax und Becken) eine sehr hohe Letalität aufwies und hierbei die Anlage der Beckenzwingen keine Verbesserung des Ergebnisses brachte (53).

Eine weitere Untersuchung von Tiemann et al 2006 (64) zeigen einerseits die eigene modifizierte Applikationsform der Beckenzwingen in der Notfallsituation im Schockraum nach rein klinischen Kriterien und andererseits die Analyse dabei auftretender Probleme. Hierbei handelte es sich um eine retrospektive Analyse 29 polytraumatisierter Patienten mit hinteren instabilen Beckenringfrakturen. Ergebnisse aus dieser Analyse ergaben, dass bei sechs Patienten acht Komplikationen auftraten, wobei es sich um zwei Pinfehlagen, zwei Überkompressionen der Ossa coxae und zwei lokale Wundprobleme handelte. Einmalig kam es zu einer sekundären Pindislokation. In allen Fällen war die Korrektur der Beckenzwingen möglich, sodass nicht auf die Notfallstabilisierung verzichtet werden musste. In einem Fall kam eine transiliakale Fraktur vor, die die Anlage einer Beckenzwingen nicht ermöglichte und Nervenläsionen konnten in keinem der Fälle nachgewiesen werden. Tiemann (64) schließt aus dieser Untersuchung, dass, auch ohne Bildverstärkerkontrolle durch den in der Technik geübten und routinierten Anwender die Anlage der Beckenzwingen im Schockraum ein sicheres Verfahren zur

Notfallstabilisierung eines polytraumatisierten Patienten mit instabilen Beckenringfrakturen darstellt. Bei Auftreten von Problemen seien diese in der Regel zu lösen und zwingen nicht auf den Verzicht dieser Technik (64). Weiters postuliert er, dass sie bei stringenter Einhaltung der ATLS-Indikationen relativ selten zum Einsatz kommt und regelmäßiges Training der Technik am Phantom zur Erlangung der geforderten Routine im Umgang mit der Beckenzwinge beitragen kann (64).

Lowatscheff (65) beschäftigte sich mit der Fragestellung, ob mit einer intensivierten Schockraumbehandlung bei Komplextraumen des Beckens die Letalität gesenkt werden könnte. Hierbei handelte es sich um eine prospektive Multicenter-Studie der AG Becken II der DGU mit 18 beteiligten Kliniken, die über einen Zeitraum von drei Jahren (01.01.1998 - 31.12.2000) insgesamt 2569 Patienten mit Verletzungen des Beckens und Acetabulums erfasste. Lowatscheff (65) konnte anhand dieser Daten aufzeigen, dass die Letalität der Patienten mit einem Komplextrauma des Beckens und unterschiedlich schweren Begleitverletzungen bei einem durchschnittlichen ISS über 35 unter Einsatz von Beckenzwinge, Fixateur externe, Tamponade über Notfall-Laparotomie sowie vereinzelt Embolisationen auf 25% gesenkt werden konnte. Somit sollten diese Notfall-Instrumentarien in Kliniken der Maximalversorgung einen Standard zur Behandlung von Patienten mit schweren Becken-Traumen darstellen.

Im Folgenden soll eine detaillierte Auswertung anhand der von Lowatscheff (65) erhobenen Daten nicht nur die absolute Dringlichkeit und Notwendigkeit zur Anlage der Notfallbeckenwinge bei Schwerstverletzten im Schockraum aufzeigen, es wird hier vielmehr auch eine Transparenz geschaffen, die einerseits einen Ein- und Überblick therapeutischer Maßnahmen bei Verletzungen polytraumatisierter Patienten gibt und andererseits das Outcome hinsichtlich der Letalität repräsentiert.

Von den 2569 dokumentierten Fällen hatten 227 Patienten (8,8%) ein sogenanntes Komplextrauma des Beckens mit einem durchschnittlichen ISS von 32 erlitten. Gemäß der Frakturklassifikation nach OTA fanden sich 189 (77%) Frakturen des Beckens mit einem deutlichen erhöhten Anteil an 114 C-Frakturen (60,3%), 49 B-Frakturen (26%) und einem geringen Anteil an 26 A-Frakturen (13,8%).

Demgegenüber hatten 56 Patienten (23%) mit Acetabulum-Frakturen ein Komplextrauma erlitten, die jedoch in knapp der Hälfte (26 Patienten) mit Verletzungen des knöchernen Beckens vergesellschaftet waren.

Bei den Komplextraumen des Beckens fanden sich folgende Verletzungen: 73x Harnblase, 40x Urethra, 23x pelvine Gefäße, 87x retroperitoneales Hämatom, 41x Plexusläsion, 5x Vaginalverletzungen, 16x Sigma-, 19x offene Frakturen, 19x perianale Weichteilverletzungen (Abb. 23).

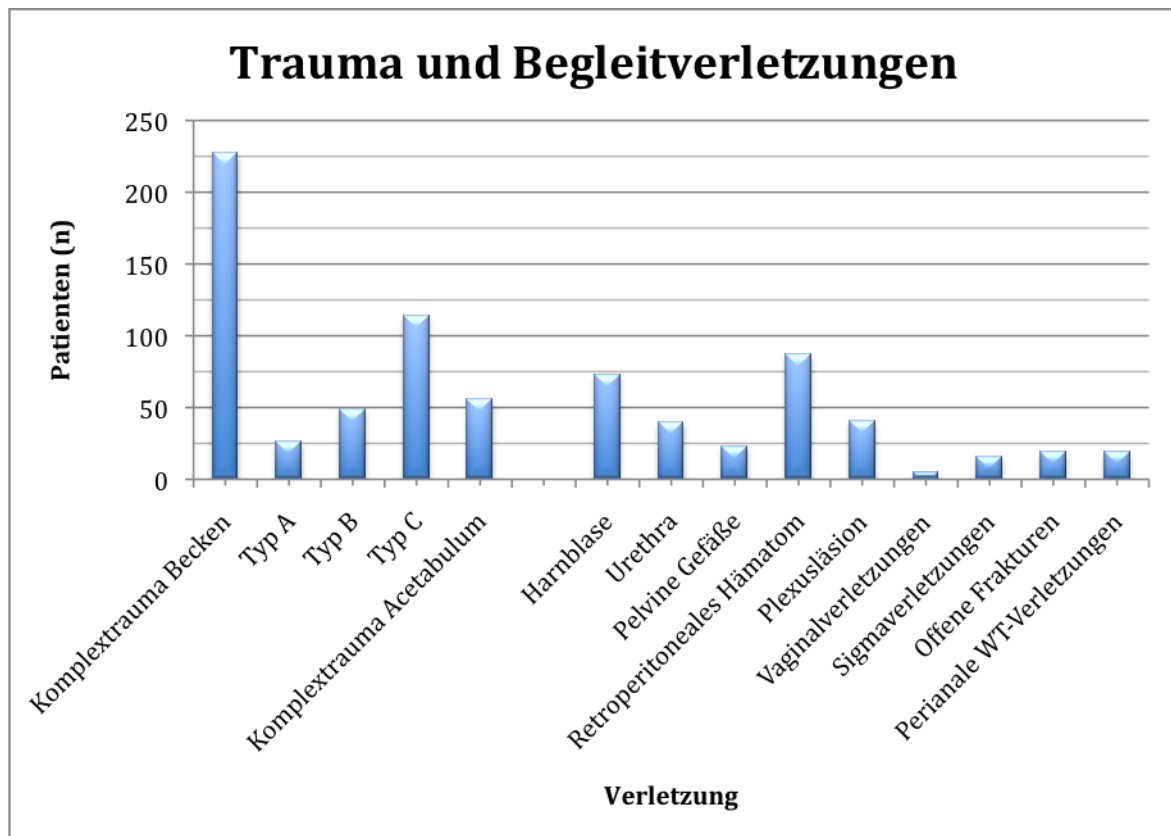


Abbildung 22: Trauma und Begleitverletzungen. Nach: (65)

In 120 Fällen (53%) war eine Notfalltherapie des Beckens im Schockraum erfolgt. Hierbei kam die Beckenzwinge 37 mal (30,8%) zum Einsatz (Ø ISS 38,8), wobei sie in 28 Fällen (76%) zu einer effektiven Kreislaufstabilisierung führte. In 6 Fällen (Ø ISS 46,5) konnte keine Änderung der Kreislagsituation erzielt werden. Davon verstarben letztlich drei Patienten mit Becken-C-Verletzungen (Todesursache: 1x SHT, 1x Abdominal, 1x Becken). In weiteren drei Fällen (Ø ISS 45,3) war die Anlage der Beckenzwinge ineffektiv, wovon zwei Patienten verstarben.

Eine Laparotomie mit intraperitonealer Tamponade erfolgte in 51 Fällen (42,5%), wobei 19 mal (Ø ISS 41) zusätzlich eine Beckenzwinge angelegt werden musste. In

13 von 19 Fällen (68%) wurde dadurch eine effektive Stabilisierung erzielt. Eine extraperitoneale Tamponade erfolgte in 15 Fällen, hierbei fünf mal kombiniert mit einer Beckenzwinge. Drei dieser Patienten verstarben früh posttraumatisch.

Die Anlage eines Fixateur externe erfolgte in 54 Fällen (45%), ($\bar{O}$ ISS 37,1) wobei in 41 Fällen eine effektive Kreislaufstabilisierung erfolgt war. In fünf Fällen ($\bar{O}$ ISS 39,4) wurde zusätzlich eine Beckenzwinge angelegt. Hierdurch konnte in vier Fällen eine effektive Stabilisierung erzielt werden, einmal verblieb eine unveränderte Situation. Letztlich verstarben drei der fünf Patienten (ursächlich: 1x SHT, 1x Thorax, 1x Becken). 21 mal war eine zusätzliche Tamponade über eine Laparotomie erfolgt, 15 mal intraperitoneal, sechs mal extraperitoneal.

Eine Embolisation erfolgte sechs mal (5%), die in vier Fällen zu einer effektiven Stabilisierung führte. In zwei Fällen war sie ineffektiv, beide Patienten verstarben. In insgesamt fünf Fällen wurde im Schockraum die Beckenzwinge angelegt in Kombination mit einem Fixateur externe sowie einer Tamponade über eine Laparotomie ($\bar{O}$ ISS 39,4). In vier Fällen konnte eine effektive Kreislaufstabilisierung erzielt werden. Letztlich starben drei dieser 5 Patienten (ursächlich: 1xSHT, 1xThorax, 1xBecken). Somit sind von den 120 Patienten mit Notfallstabilisierungsmaßnahmen im Schockraum insgesamt 32 (26,67%) verstorben, d.h. drei Viertel der Patienten mit einem durchschnittlichen ISS über 35 mit unterschiedlichen Begleitverletzungen haben überlebt (Abb. 24).

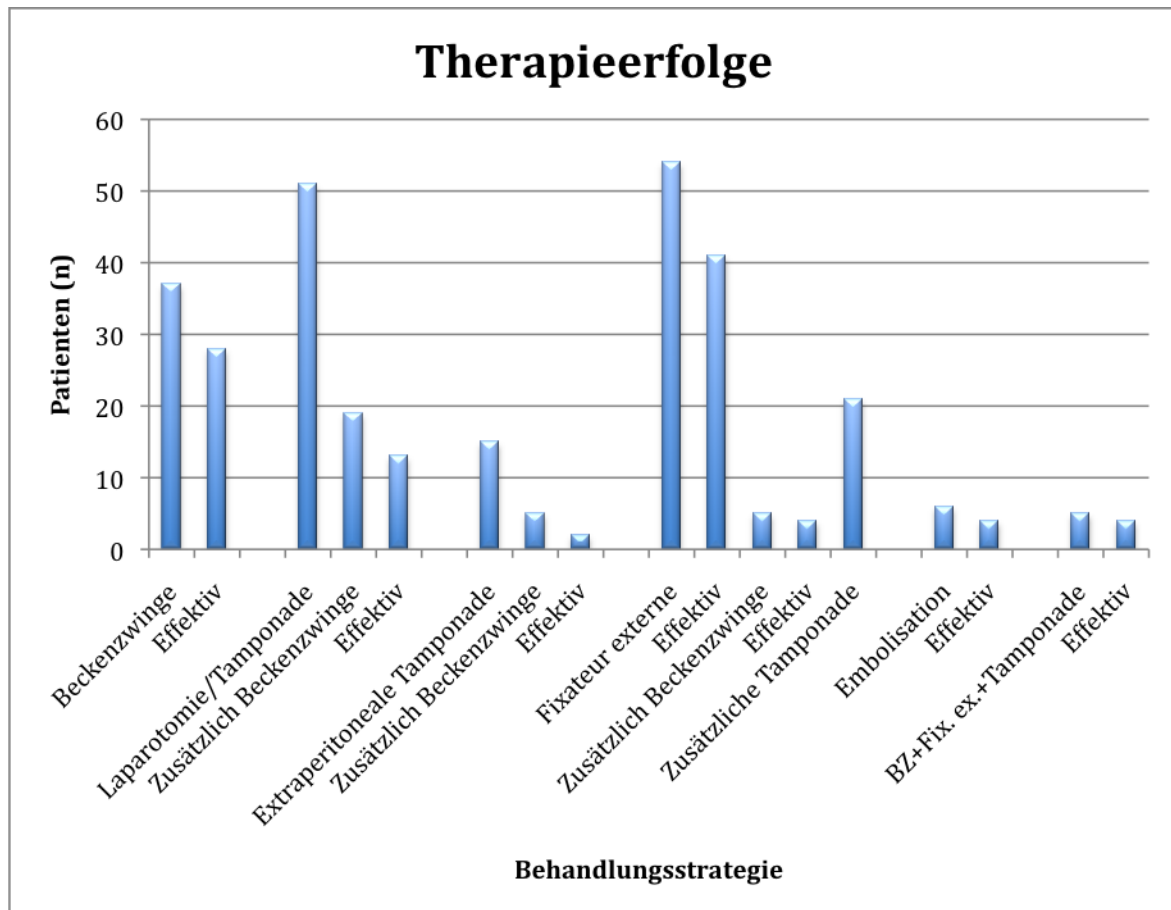


Abbildung 23: Effektivität angewandter Behandlungsstrategien auf die Kreislaufstabilität.
Nach: (65)

Bei 93 Patienten (41%) waren keine Notfallmaßnahmen im Schockraum erforderlich, fünf Patienten (2,2%) verstarben im Schockraum, weitere fünf verstarben im Multiorganversagen (MOV) infolge der schweren Verletzungen im Bereich Kopf/Thorax/Abdomen. Von den insgesamt 49 verstorbenen Patienten (21,6%) waren die Todesursachen in acht Fällen bedingt durch die Beckenverletzung, in 17 Fällen kombiniert mit SHT/Thorax/Abdomen. 19 Patienten verstarben unabhängig von der Beckenverletzung (ursächlich 4xAbdomen, 6xThorax, 9xSHT) (65).

In einer weiteren retrospektive Studie von Tiemann et al (66) wurden 28 polytraumatisierte Patienten (17 Männer, 11 Frauen) mit schwerem Beckentrauma, im Zeitraum von 1999 und 2003 evaluiert, wobei die therapeutische Brauchbarkeit der Beckenzwinge während der Akutversorgung bei Patienten mit instabilen dorsalen Beckenringfrakturen analysiert wurde. Tiemann et al betonen, dass sich aus ethischen Gründen keine Möglichkeit für eine prospektiv randomisierte Studie bot.

Die Hauptparameter, die zur Outcomeanalyse herangezogen wurden waren die Entwicklung des mittleren Blutdrucks, sowie des Oxygenierungslevels, die Zeit, die bis zum Anbringen der Klemme verstrich, die Anzahl der benötigten Blutkonserven sowie die Zeit bis zum Eintreten einer Kreislaufstabilisierung.

Ergebnisse zeigten, dass die Beckenzwinge durchschnittlich 64.7 Minuten nach dem Trauma in allen 28 Fällen angebracht war, wobei sieben Patienten (25%) innerhalb von 45 Minuten nach der Aufnahme im Schockraum verstarben.

Bei den überlebenden Patienten zeigte sich nach Anbringen der Beckenzwinge ein Blutdruckanstieg von 25% nach 20 Minuten, eine hämodynamische sowie analog dazu eine Stabilisation des Oxygenierungslevels und eine Reduktion von benötigten Blutkonserven nach sechs Stunden. Diese Studie konnte zeigen, dass die Applikation der Beckenzwinge bei kritisch verletzten Patienten mit instabilen Beckenfrakturen eine Stabilisation der Vitalparameter innerhalb einer kurzen Zeitperiode ermöglicht (66).

4. Spezieller Teil

4.1. Einleitung

Nachdem im vorangegangenen Teil ein theoretischer Überblick über die möglichen Verletzungen des Beckens und deren Therapiemöglichkeiten gegeben wurde, soll der nun folgende spezielle Teil sich mit der praktischen Anwendung der Notfallbeckenzwingen befassen. Obwohl dieses Instrument wie schon beschrieben ein sehr sicheres zur Stabilisierung von Beckenfrakturen und Stillung von Blutungen darstellt, wird es trotzdem nur sehr selten in der klinischen Praxis eingesetzt. Dies mag daran liegen, dass das Anbringen einer Beckenzwinge verglichen mit einem beispielsweise Cingulum einen operativen Eingriff nötig macht und zudem gewisse Anforderungen an die Fähigkeiten des behandelnden Arztes stellt. Diesbezüglich bedacht werden muss auch, dass instabile Beckenringfrakturen mit vergesellschafteter hämorrhagischer Massenblutung zu den selteneren Frakturtypen zählt und somit die Benutzung eines solchen Instruments sicherlich nicht zur täglichen Routine zählt und somit eine gewisse Hemmschwelle besteht.

Diesen Umstand wurde in der hier vorliegenden Studie Rechnung getragen, indem qualifiziertes medizinisches Personal einerseits im Umgang und Applikation geschult wurde. Andererseits hatte jeder freiwillige Teilnehmer die Möglichkeit, sein praktisches Wissen durch die Anlage der Beckenzwinge an einem anatomischen Beckenmodell zu üben und damit die persönliche Hemmschwelle zu senken.

Ziel der Arbeit war es, Daten darüber zu gewinnen, ob Erstbenutzer nach einer einmaligen Trainingseinheit in der Lage wären, im Notfall eine Beckenzwinge so platzieren zu können, dass eine hämodynamische Stabilität des Patienten gewährleistet werden kann.

4.2. Single training session for first time Pelvic C-Clamp users: What to expect?

^{1,2,3}Hildegard Koller; ^{2,3}Zsolt J. Balogh, MD, PhD, FRACS(ortho)

Medical University of Graz, Graz, Austria (1); John Hunter Hospital (2) and University of Newcastle (3),
Newcastle, NSW, Australia.

Corresponding Author:

Zsolt Balogh, MD, PhD, FRACS(ortho)

Department of Trauma

Division of Surgery

JOHN HUNTER HOSPITAL

Locked bag 1, Hunter Region Mail Centre

NEWCASTLE NSW 2300

FAX: 02 49 214274

EMAIL: zsolt.balogh@hnehealth.nsw.gov.au

4.2.1. Zusammenfassung

Hintergrund: Instabile Beckenfrakturen mit assoziierter hämodynamischer Instabilität tragen in großem Ausmaß zur Mortalität und Morbidität nach stumpfen Traumata bei. Die Becken C-Klemme ist eine Methode für die notfallmäßige skelettale Stabilisierung von Beckenringfrakturen mit posteriorer Instabilität. Die Anwendung des Gerätes wird zwar in Kursen gelehrt, trotzdem wird sie nur selten verwendet. Die Sicherheit und Effizienz, mit der trainierte Erstanwender die Klemme anbringen können, ist bisher nicht bekannt. Unsere Hypothese war, dass die Becken C-Klemme nach einer einzelnen Trainingssitzung nicht sicher an einem Beckenmodell platziert werden könnte.

Methoden und Materialien: Jeweils eine theoretische und eine praktische Einschulung in die Anwendung der Becken C-Klemme wurden in einem Abstand von $11,2 \pm 4,4$ Tagen abgehalten. 27 Teilnehmer in verschiedenen Ausbildungsstadien wurden hinsichtlich der Sicherheit und Effizienz der Anlage der Beckenzwinge beurteilt. Das Anlegen der Klemme wurde an einem Beckenmodell (Pelvic Trainer™) trainiert.

Resultate: 70,4% aller Teilnehmer war es möglich, beide Pins innerhalb der Sicheren Zone zu platzieren, während insgesamt 81,5% aller Pins sicher platziert wurden. 18,5% wurden als unsicher positioniert eingestuft. Der Abstand zum optimalen Zielpunkt betrug $9,6 \pm 7,8$ mm an der linken (verletzten) Beckenhälfte und $8,7 \pm 7,8$ mm an der rechten (unverletzten). Die Zeit, die zum Zusammenbau benötigt wurde, betrug $99,7 \pm 39,7$ Sekunden, für die Platzierung wurden $133,9 \pm 74$ Sekunden benötigt.

Schlussfolgerung:

Die Mehrheit der Pins wurden nach einer einzelnen Trainingssitzung innerhalb von vier Minuten an einem Trainingsmodell in der sicheren Zone platziert. 18,5% gefährlich platzierte Pins bedürfen genauer Überlegungen (Risiko/Nutzen) im Kontext der Behandlung eines lebensgefährlich verletzten oder sterbenden Menschen.

Keywords: pelvic fracture, shock, c-clamp, surgical education, surgical skill training.

4.2.2. Hintergrund

Instabile Beckenfrakturen mit assoziierter hämodynamischer Instabilität tragen in großem Ausmaß zur Mortalität und Morbidität nach stumpfen Traumata bei (1). Obwohl es derzeit keinen allgemeingültigen Konsensus für die optimale Erstversorgung dieser Patienten gibt, empfehlen die meisten Experten und Traumazentren eine Reposition und Stabilisierung des Beckenrings schon in der Frühphase der Versorgung (67). Die Verwendung einer Becken C-Klemme ist eine von vielen (Binding, Fixateur externe, Skelettzug) möglichen Optionen. Die C-Klemme wird von vielen Autoren bevorzugt, da sie eine Stabilisierung des posterioren Beckens ermöglicht, ohne gleichzeitig eine mögliche Laparotomie, ein Packing oder eine Angio-Embolisation zu behindern (1). Das Einbringen der Pins kann schwere Komplikationen, wie beispielsweise neurovaskuläre Verletzungen, Penetration der Beckenorgane oder Verletzungen des Hüftgelenkes verursachen (1, 68). Das Anlegen der Beckenklemme wird zwar in Kursen gelehrt, jedoch wird das Gerät selbst in den größeren Traumazentren nur selten benutzt (14, 35, 58, 67, 69). Die Sicherheit und Effizienz, mit der trainierte Erstanwender die Klemme anbringen können, ist bisher nicht bekannt. Unsere Hypothese war, dass die Becken C-Klemme nach einer einzelnen Trainingssitzung nicht sicher an einem Beckenmodell platziert werden kann. Unsere spezifischen Ziele waren, die benötigte Zeit zum Zusammenbau zu bestimmen und die Fähigkeit zur Positionierung der Pins der Klemme innerhalb der sicheren Zone der Beckenschaufel von Orthopäden verschiedenen Ausbildungsgrades (Residents, Registrars, Consultants) ohne Vorerfahrung mit dem Gerät zu evaluieren.

4.2.3. Methoden und Materialien

Die Studie wurde an einem universitären Level-I-Traumazentrum der Maximalversorgung durchgeführt.

Alle Probanden nahmen freiwillig an der Studie Teil und ein Votum der lokalen Ethikkommission wurde nicht benötigt.

Residents, Registrars und Consultants - orthopädische Chirurgen - absolvierten Trainingseinheiten für den Zusammenbau und der sicheren Platzierung der Becken C-Klemme im Rahmen des regulären Fortbildungsprogramms (CME) der Klinik. Keiner der Teilnehmer hatte zuvor eine Beckenklemme angelegt. Außerdem verfügten die meisten Teilnehmer über keine oder nur beschränkte Kenntnisse der Beckenchirurgie. Während der CME-Einheit wurde eine Präsentation bezüglich der Indikationen und der sicheren Positionierung der Pins gehalten. Unter den möglichen Orten für eine Pin-Platzierung (anterior, trochantär, supraacetabulär, posterior) wurde lediglich die posteriore Position diskutiert und trainiert (1, 11, 61, 63).

Anschließend an den theoretischen Teil folgte eine Videodemonstration über die Technik und praktisches Üben des Zusammenbaus und der Platzierung am Beckenmodell.

$11,2 \pm 4,4$ (4 – 21) Tage später wurden die Teilnehmer bezüglich der benötigten Zeit für den Zusammenbau und das Anlegen sowie der Genauigkeit der Pin-Positionierung am Beckenmodell evaluiert.

In dieser Studie wurde die AO Becken C-Klemme (SYNTHES, Oberdorf, Schweiz) an einem anatomisch korrekten Beckenmodell (SYNBONE 4201.1 Pelvic Trainer, Synbone, Malans, Schweiz) (Abb. 25), welches von Trauma- Experten speziell zu Trainingszwecken entwickelt wurde, angelegt.

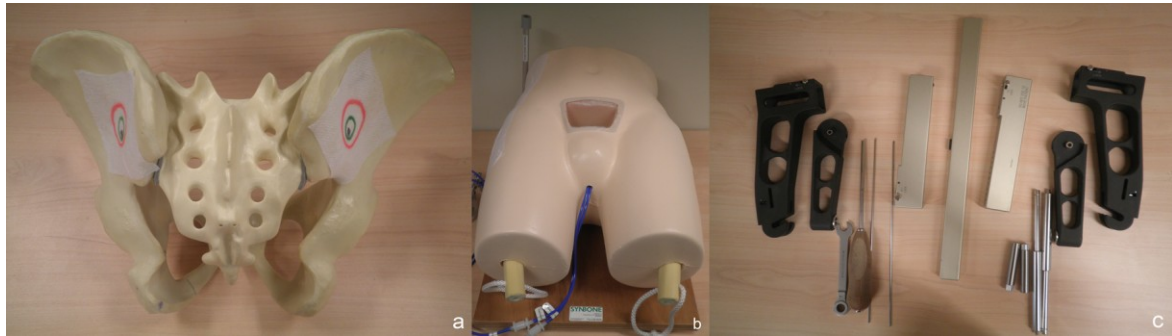


Abbildung 24: a) Hüftknochen mit „Targets“, b) Pelvic Trainer, c) Notfallbeckenzwinge

Die genauen Richtlinien und Landmarken, welche in der Anleitung der C-Klemme empfohlen werden, wurden für die posteriore Platzierung der Pins herangezogen (60). Eine zwei Zentimeter lange Stichinzision wurde am geplanten Eintrittspunkt, der wie folgt aufgesucht wurde, gesetzt: Nachdem die Femuralachse nach kranial verlängert wurde, was eine virtuelle Femurallinie ergibt, wird die Inzision am Kreuzungspunkt dieser Linie mit einer vertikalen Linie, welche senkrecht zum Operationstisch durch die Spina iliaca anterior superior verläuft, gesetzt (1). Nach erfolgter Inzision folgt die weitere Präparation mit einem stumpfen Instrument, bis die Oberfläche des Hüftknochens erreicht wird. Palpation in antero-posteriorer Richtung führt zu einer knöchernen „Furche“, welche durch eine Richtungsänderung des lateralen Kortex des Beckenkammes nahe dem IS-Gelenk gebildet wird. Der erste Pin wird an der unverletzten Beckenhälfte in diese Furche gesetzt und verankert (1). Nach dem Schließen der Klemme wird der zweite Pin durch eine Stichinzision an der kontralateralen Seite eingeführt.

Nachdem die Beckenklemme durch den Teilnehmer angelegt wurde, wurde die Polsterabdeckung um die Pins entfernt und die genaue Position der Pins am Beckenknochen überprüft. Die Genauigkeit der Platzierung wurde auf Basis der Empfehlungen des Handbuches (60) sowie einer neueren Leichenstudie (61) festgelegt. Der posteriore Teil der Beckenschaufel wurde in drei konzentrische Zonen unterteilt. Der Zielbereich wurde als doppelter Durchmesser des kanülierten Nagels der Klemme festgelegt. Die sichere Zone wurde durch einen 10mm durchmessenden Kreis mit seinem Zentrum 9mm anterior des Zielbereichs definiert. Wurde der Pin außerhalb dieses Bereichs gesetzt, wurde er als gefährlich platziert eingestuft. Diese drei Zonen wurden an jeder Beckenhälfte markiert (Abb. 26). Anschließend wurde das Modell mit Schaumstoffpolstern (SYNBONE 4201.02 Lateral PUR soft foam pad;

Synbone, Malans, Schweiz) verschlossen und mit einem elastischen, selbsthaftenden Pflaster (SYNBONE 4201.03 Fixomul pad; Synbone, Malans, Switzerland) gegen Verrutschen gesichert.

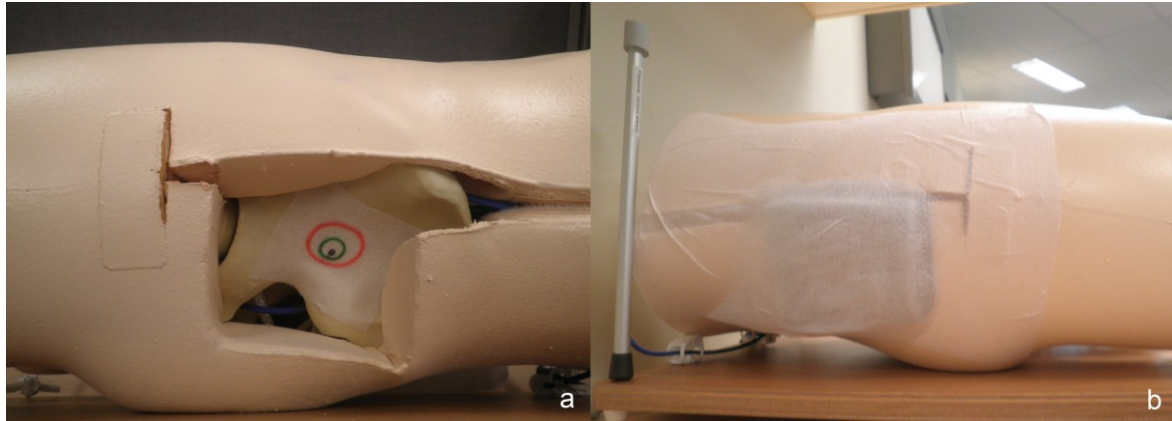


Abbildung 25: a) Pelvic Trainer präpariert, b) geschlossen

Die Teilnehmer wurden angewiesen die Klemme zusammenzubauen und am präparierten Modell (markierte Zielbereiche und mittels Schaumstoffpolster blickdicht verschlossen) zu platzieren. Die Variablen, wie benötigte Zeit für Zusammenbau und Anlage sowie der Abstand der Pins zum Zielgebiet und in welchem Bereich die Pins platziert wurden, wurden in einer Datenbank erfasst. Die Daten sind als mittlere Distanz $\pm$ SD zum Zielbereich (mm), Prozentsatz der Pin-Platzierung in den einzelnen Zonen sowie Zeiten (Sekunden) für Zusammenbau und Platzierung angegeben.

4.2.4. Ergebnisse

Insgesamt 27 Teilnehmer (Residents, Registrars, Consultants) wurden in der Handhabung und Anlage der Becken C-Klemme ausgebildet und evaluiert. Die Mehrheit unter ihnen hatte bereits beckenchirurgische Eingriffe mitverfolgt (24/27 Teilnehmer, 88,9%) oder assistiert (23/27 Teilnehmer, 85,2%), jedoch nur neun (33,3%) hatten zu diesem Zeitpunkt selbst einen beckenchirurgischen Eingriff durchgeführt (Abb. 27a). Die durchschnittliche Zeit zwischen der CME-Trainingseinheit und der Evaluierungseinheit betrug $11,2 \pm 4,4$ (4 – 21) Tage. Die Aufgabe des Zusammenbaus wurde in $99,7 \pm 39,7$ (35 – 182) Sekunden gelöst, für das Anlegen wurden $133,9 \pm 74$ (34 – 279) Sekunden benötigt. Die gesamt benötigte Zeit für Zusammenbau und Anlage betrug $228,6 \pm 97,7$ (82 – 409) Sekunden (Abb. 27b).

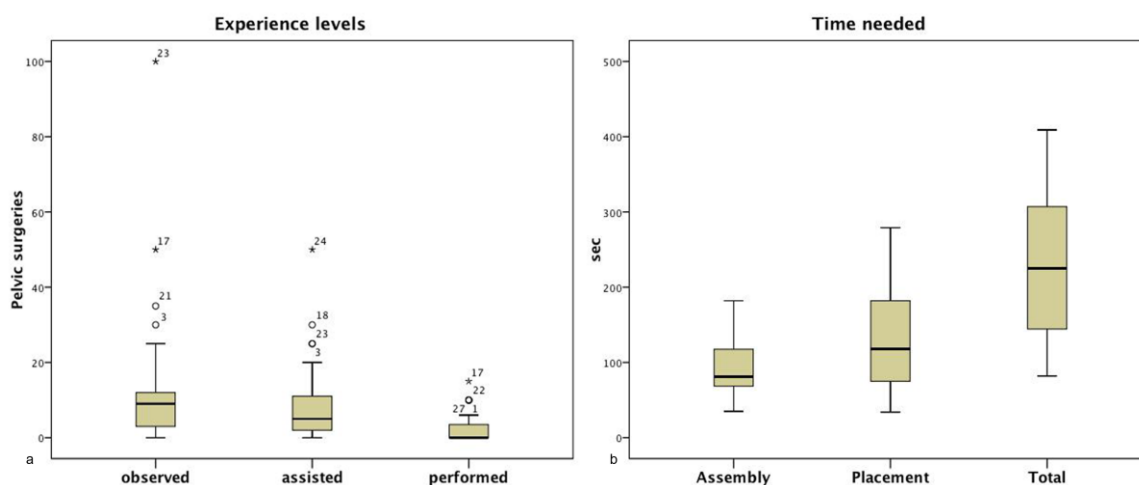


Abbildung 26: a) Erfahrung der Studienteilnehmer, b) Benötigte Zeit für den Zusammenbau

Die Evaluierung der Positionierung zeigte, dass ein Teilnehmer (3,7%) die Zielzone auf beiden Seiten des Beckens traf, vier Teilnehmer (14,8%) konnten einen Pin im Zielgebiet, den anderen im sicheren Bereich platzieren und ein Teilnehmer (3,7%) platzierte einen Pin im Zielbereich, den anderen in der gefährlichen Zone. Die Mehrheit der Teilnehmer (14) konnten beide Pins in der sicheren Zone platzieren (51,9%). Fünf Teilnehmer (18,5%) platzierten einen Pin sicher, den anderen

innerhalb des gefährlichen Bereichs. Zwei (7,4%) der Teilnehmer platzierten beide Pins außerhalb der sicheren Zone. 19 (70,4%) von 27 Teilnehmern konnten beide Pins innerhalb des Zielgebietes oder der sicheren Zone platzieren.

Der mittlere Abstand zum Ziel auf der rechten (unverletzten) Seite betrug $8,7 \pm 7,8$ (0 – 34) mm. Auf der linken (verletzten) Seite betrug er $9,6 \pm 7,8$ (0 – 33) mm (Abb. 28).

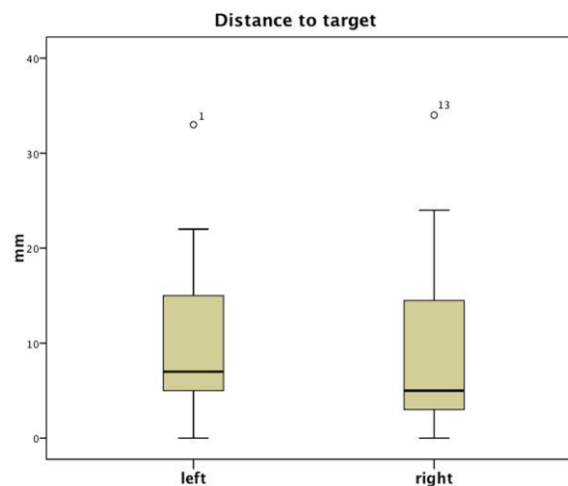


Abbildung 27: Entfernung vom „Targetpunkt“

Aus der Gesamtheit von 54 Pins wurden sechs (11,1%) im Zielbereich, 38 (70,4%) im sicheren Bereich und zehn (18,5%) im gefährlichen Bereich platziert (Abb. 29). Insgesamt 20 Klemmen (74,1%) wurden mit beiden Pins in der sicheren Zone angelegt. Es konnte kein Unterschied in der Genauigkeit der Pin-Positionierung in Abhängigkeit der Zeit zwischen der CME-Sitzung und Evaluierung sowie des Ausbildungsgrades festgestellt werden.

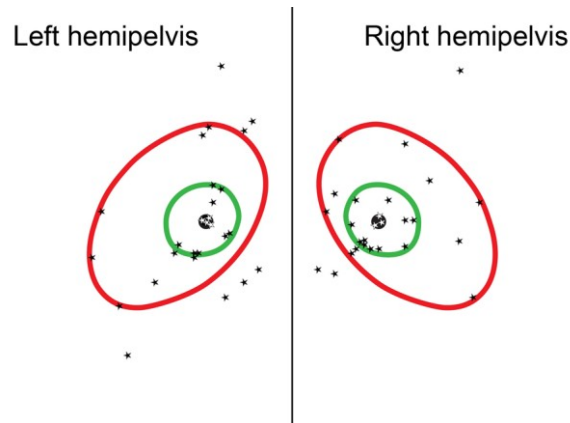


Abbildung 28: Verteilung der Pins

4.2.5. Diskussion

Polytraumatisierte Patienten mit instabilen Beckenringfrakturen weisen eine sehr hohe Morbidität und Mortalität auf (1). Die Becken C-Klemme ist zwar eine regelmäßig berichtete, aber nicht allgemein verwendete potentiell effiziente Methode, um posteriore Instabilitäten des Beckens in akut lebensbedrohenden Situationen zu behandeln (1, 14, 35, 58, 69). Viele Chirurgen lernen zwar die Anwendung des Gerätes in Kursen, jedoch wird die Effizienz dieser Kurse nur selten erfasst.

Unsere Hypothese war, dass die Becken C-Klemme nach einer einzelnen Trainingssitzung von Residents, Registrars und Consultants (orthopädischen Chirurgen) nicht sicher an einem Beckenmodell platziert werden könnte. Unsere Resultate zeigten, dass dies in 29,6% der Fall war. Eine Gesamtheit von 44 Pins (81,5%) wurde innerhalb der sicheren Zone platziert und durchschnittlich $133,9 \pm 74$ (34 – 279) Sekunden wurden für das Anlegen benötigt. Diese Studie zeigt, dass die Becken C-Klemme innerhalb kurzer Zeit (alle Teilnehmer platzierten die Klemme innerhalb von sechs Minuten) angelegt werden kann. Da keine früheren Publikationen bezüglich der Genauigkeit der Klemmenplatzierung verfügbar sind, könnten die hier vorliegenden Resultate (70% sichere Platzierung der Klemme und mehr als 80% sichere Pin-Platzierung) als Richtmarke für die ersten Versuche unerfahrener Anwender nach relativ kurzem Zeitraum zwischen theoretischem und praktischem Unterricht betrachtet werden.

Die Grundausbildung und regelmäßige Übung im Umgang mit selten verwendeten, potentiell hoch risikoreichen Prozeduren, wie der Verwendung der Becken C-Klemme, ist im Training von chirurgischen Fertigkeiten als essentiell zu betrachten. Der Pelvic Trainer ist ein gutes Beispiel für ein Hilfsmittel, das von einschlägigen Experten entwickelt wurde, um Komplikationen zu reduzieren und um die Effizienz der Anlage einer C-Klemme zu verbessern. Obwohl das Pelvic Trainer Modell das klinische Szenario sehr gut imitiert, wurde es doch in einer, verglichen mit der Versorgung eines sterbenden Traumapatienten, kontrollierten Umgebung verwendet. Einige hoch relevante praktische Überlegungen, wie Dislokation, potentielle Beckenschaufelfrakturen, massive Schwellung oder Deformierung sowie Osteoporose und Adipositas werden im Modell nicht berücksichtigt. Diese Faktoren legen nahe, dass die tatsächlichen klinischen Resultate schlechter sein sollten. Andererseits waren unsere Kriterien bezüglich optimaler und sicherer Positionierung sehr streng und wahrscheinlich können leicht suboptimale Positionierungen in der notfallsmäßigen Stabilisierung noch als akzeptabel betrachtet werden. Weiters ist es wichtig hervorzuheben, dass keiner der platzierten Pins die Beckenschaufel penetrierte oder in die Incisura ischiadica major dislozierte. In den meisten Traumazentren, die Patienten mit hämodynamisch instabilen Beckenfrakturen behandeln, sind erfahrenere Unfallchirurgen verfügbar als Erstanwender der C-Klemme, die das Anbringen überwachen und assistieren können, um eine optimale Positionierung der Klemme sicherzustellen. Unsere Untersuchung hat weiters eine mögliche Bildgebung nicht berücksichtigt. Während erfahrene Benutzer das Einbringen der Pins nach dem anfänglichen Beckenröntgen ohne fluoroskopischer Sicht befürworten, wird es in vielen Zentren trotzdem unter fluoroskopischer Kontrolle im Operationssaal durchgeführt. Bezugnehmend auf diese Faktoren könnten die Resultate im klinischen Alltag besser als während des Trainings ausfallen.

Unsere Studie unterliegt Einschränkungen, die bei der Übertragung der Resultate in die klinische Praxis berücksichtigt werden sollten. Der Zeitrahmen zwischen praktischem Training und der Testsituation war relativ kurz. Die vorliegende Studie konnte die Frage, wie lange die erlernten Fähigkeiten behalten werden können und nach der benötigten Frequenz von weiteren Trainings nicht beantworten. Dies kann jedoch aus anderen Studien über das Training von chirurgischen Fähigkeiten (70) interpoliert werden.

Das Studiendesign schloss eine Begutachtung der Qualität und Stabilität der Relokation der Frakturfragmente durch die C-Klemme (Verminderung des Blutverlustes aus dem Knochen) nicht ein. Jegliche Folgerungen dieses Aspektes der Verwendung der C-Klemme betreffend wären reine Spekulationen.

Abschließend verwerfen wir unsere Hypothese, dass die Anlage der Becken C-Klemme nach einer einzelnen Trainingssitzung nicht sicher und effizient durchgeführt werden könnte. Die Mehrheit der Pins wurde innerhalb von sechs Minuten innerhalb der sicheren Zone an einem Trainingsmodell nach nur einer Trainingseinheit platziert. 18,5% gefährlich platzierte Pins bedürfen genaueren Überlegungen (Risiko/Nutzen) im Kontext der Behandlung eines lebensgefährlich verletzten oder sterbenden Menschen.

4.2.6. Danksagung

Die Autoren danken SYNTHES Australia für das zur Verfügung stellen des Pelvic Trainers und der Becken C-Klemme für diese Studie.

5. Diskussion

In der hier vorliegenden Arbeit wurde der Fokus auf die Versorgung instabiler Becken(ring)frakturen verbunden mit lebensbedrohlichen Begleitverletzungen, vor allem hervorgerufen durch Massenblutungen, aus dem nahen präasacralen Venenplexus im Akutmanagement gelegt. Dieser Bogen spannt sich vom Zeitpunkt des Traumageschehens über den Erstkontakt mit dem schwerstverletzten Patienten am Unfallort und dem damit verbundenen Entscheidungen, die einer adäquaten und lebensrettenden Versorgung, einem sogenannten Wettlauf mit der Zeit gegen den tödlichen Verlauf, gegenübergestellt wird.

Wie ausführlich dargestellt wurde, trägt das Frakturgeschehen im Becken selbst nicht unmittelbar zu der in der Literatur gefundenen hohen Letalität dieser Verletzungen bei. Vielmehr spielen hierbei die speziellen anatomischen Verhältnisse innerhalb des Beckens eine Rolle. Durch die exponierte Lage des präasacralen Venenplexus kann es im Rahmen einer Beckenringfraktur zu Zerreißen dieses kommen, was dann die lebensbedrohliche Massenblutung auslöst. Eine solche Komplikation stellt höchste Ansprüche an alle Beteiligten der Versorgungskette, vom erstbehandelnden Notarzt, über das Schockraumteam bis hin zur endgültigen operativen Versorgung der Fraktur. Im Kontext der in dieser Arbeit beschriebenen Verletzungen und Komplikationen spielt sowohl die fachliche Kompetenz der behandelnden Ärzte, aber auch die Zeit die zwischen dem Entstehen der Verletzung und der Stillung der Blutung vergeht eine entscheidende Rolle.

Die Arbeit beschäftigt sich vorrangig mit der Versorgung der Patienten im Schockraum und geht dabei auf die Behandlung der hämorrhagischen Massenblutung ein. Der besondere Fokus wurde bei der Erstellung auf die Notfallbeckenzwinge nach Ganz gelegt. Auch wenn es aufgrund der sehr spärlichen Datenlage keine definitiven Outcomeanalysen in der Literatur zu finden gibt, scheint sich nach Durchsicht der verfügbaren Informationen die Annahme zu bestätigen, dass die Notfallbeckenzwinge in der Schockraumversorgung anderen Maßnahmen, wie z.B. dem Cingulum überlegen ist. Dies dürfte einerseits darauf begründet sein, dass durch die Beckenklemme bedeutend höhere Drücke auf die Frakturflächen einwirken und diese sowohl stabilisieren als auch für eine natürliche Tamponade der Blutung sorgen. Andererseits bietet die C-Klemme den Vorteil, dass der Druck

punktuell präzise durch in den Knochen eingebrachte Steinmann-Nägel appliziert wird, wohingegen bei einer Versorgung mittels Cingulum der Druck nur von außen und großflächig einwirkt. Ein praktischer Nutzen besteht auch darin, dass moderne Klemmen aus für Magnetresonanztomographen zugelassenen Materialien bestehen, die Beckenzwingen je nach Bedarf um ihre eigene Achse rotiert werden kann, um entweder abdominelle oder pelvine Eingriffe durchführen zu können und in der Möglichkeit, sie für mehrere Tage am Patienten belassen zu können.

Natürlich stellt das Anlegen eines solchen Instruments gewisse Anforderungen an den durchführenden Arzt. Dies und die Notwendigkeit eines chirurgischen Eingriffes u.U. noch im Schockraum mögen dazu beitragen, dass die Beckenklemme trotz ihrer vielen Vorteile nur sehr selten eingesetzt wird. Um dieses Hindernis zu überwinden scheint ein ausgereiftes und regelmäßiges Training der entsprechenden Ärzte sinnvoll.

Mit diesem Punkt beschäftigt sich der zweite Teil der Arbeit, in dem anhand einer zu dieser Fragestellung durchgeführten Studie gezeigt werden konnte, dass Ärzte bereits nach einer einzelnen Trainingssitzung in der Lage sind, dieses Instrument korrekt anzuwenden. Einschränkungen dieser Ergebnisse betreffend ergeben sich natürlich durch den „geschützten Rahmen“ während der Evaluierungsphase verglichen mit der Schockraumsituation. Außerdem darf nicht außer Acht gelassen werden, dass typische Gegebenheiten wie Dislokationen und Hämatome vom Modell nicht simuliert wurden, diese aber die Arbeit teils massiv beeinträchtigen und verkomplizieren können.

Auch konnte nicht gezeigt werden, inwieweit die erlernten Fähigkeiten nach längerer Zeit noch zur Verfügung stehen. Dieser Punkt ist insofern sehr wichtig, als diese Art von Verletzung und damit die Notwendigkeit der Anlage einer Beckenzwinge recht selten vorkommt. Deshalb wäre es von großer Wichtigkeit, in regelmäßigen Abständen das Training am Modell zu wiederholen, damit im Notfall die für den Patienten lebensrettende Maßnahme raschest möglich gesetzt werden kann. Hierfür könnte ein ähnliches Procedere wie z.B. Notfall-Refresher-Kurse und regelmäßiges Üben an der Intubationspuppe, so wie es im normalen ärztlichen Alltag bereits für viele Indikationen zum Usus gehört angedacht werden.

Trotz des Fehlens evidenzbasierter Daten zu dieser Fragestellung kann trotzdem davon ausgegangen werden, dass Komplikationen des Eingriffes wie Dislokation der Steinmann-Nägel durch regelmäßiges Trainieren relativ gering gehalten werden können.

Abschließend lässt sich sagen, dass nach ausführlichen Recherchen der aktuellen einschlägigen Literatur die Notfallbeckenzwinge nach Ganz bei gestellter Indikation und entsprechend geschultem Personal eine favorable Methode zur Akutversorgung von instabilen Beckenringfrakturen darstellt und durch vermehrtes Schulungsangebot propagiert werden sollte.

Acknowledgements

Prof. Dr. Wolfgang Grechenig und SYNTHES[®] Austria für das zur Verfügung stellen von Bildmaterial.

Herrn Markus Pölzl (SYNTHES[®] Austria) für die Hilfe bei Copyright - Belangen.

6. Quellenverzeichnis

6.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: a) Artikulationen des Beckens von ventral b) Außenfläche des rechten Os ilii. Quelle: (71)	18
Abbildung 2: a) Venen des männlichen Hemipelvis b) Iliacale Vene. Quelle: (71)	22
Abbildung 3: Standard- Röntgenaufnahmen bei Beckenringverletzungen. Quelle: (15)	30
Abbildung 4: Mögliche Frakturlinien. Quelle: (42)	32
Abbildung 5: AO – Klassifikatio. Quelle: (42)	34
Abbildung 6: Os sacrum- Frakturzonen nach Denis et al. Quelle: (15)	35
Abbildung 7: Acetabulumfrakturen nach Judet und Letournel. Quelle: (29)	36
Abbildung 8: Beckenschaufelfraktur. Available from: http://www.orthobullets.com/trauma/1033/ilium-fractures	38
Abbildung 9: Fraktur des Os ischii. Available from: http://online-media.uni-marburg.de/radiologie/bilder/musk/b12_8.htm	39
Abbildung 10: Open - Book Fraktur. Available from: http://www.itim.nsw.gov.au/index.cfm?objectid=B15D8AB5-1321-1C29-70B4081A215BCB46	40
Abbildung 11: Vordere und hintere Beckenringfraktur. (Malgaigne-Fraktur). Sprengung des Ileosakralgelenkes mit Stufenbildung. Available from: http://www.mevis-research.de/~hhj/TraumaRad/TraumaRadHiRes.htm	40
Abbildung 12: Traumatische zentrale Hüftluxation bei Acetabulumfraktur und sekundärer Gelenkkongruenz. Available from: http://www.medfuehrer.de/Orthopaeden-Unfallchirurgen-Rheuma/Krankheiten/Hueftgelenksluxation-Luxation-der-Huefte-Hintergrund.html	41
Abbildung 13: Langzeitergebnisse und Begleitverletzungen bei Typ A-, B-, C- Verletzungen. Nach: (39)	46
Abbildung 14: Pelvic Binder (Cingulum); a) Schema; b) Applikation am Patienten. a) Available from: http://www.jaaos.org/cgi/content/full/17/7/447/JA0038104FIG4 , b) Quelle: (72)	50

Abbildung 15: Fixateur externe am Beckenmodell (a) und am Patienten (b). Quelle: W. Grechenig, Graz	51
Abbildung 16: Notfallbeckenzwinge nach Ganz et al (zweite Generation). Quelle: (60)	52
Abbildung 17: a) Richter (1964); b) Ganz et al (1991); c) Browner & Buckle (1992). Quelle: (59)	57
Abbildung 18: Zusammenbau der Notfallbeckenzwinge. Quelle: Hildegard Koller, Graz	59
Abbildung 19: Applikation der Notfallbeckenzwinge. Quelle: (60), b),h), i): W. Grechenig, Graz	62
Abbildung 20: Mögliche Pin – Positionen: Quelle: a): (61), b): (1), c): (62), d): (63)	65
Abbildung 21: a) Optimal platzierte Pins und b) Dislokation. Quelle: W. Grechenig, Graz	68
Abbildung 22: Trauma und Begleitverletzungen. Nach: (65)	72
Abbildung 23: Effektivität angewandter Behandlungsstrategien. Nach: (65)	74
Abbildung 24: a) Hüftknochen mit „Targets“, b) Pelvic Trainer, c) Notfallbeckenzwinge. Quelle: Hildegard Koller, Graz	81
Abbildung 25: a) Pelvic Trainer präpariert, b) geschlossen. Quelle: Hildegard Koller, Graz	82
Abbildung 26: a) Erfahrung der Studienteilnehmer, b) Benötigte Zeit für den Zusammenbau. Quelle: Hildegard Koller, Graz	83
Abbildung 27: Entfernung vom „Targetpunkt“. Quelle: Hildegard Koller, Graz	84
Abbildung 28: Verteilung der Pins. Quelle: Hildegard Koller, Graz	85

6.2. Bibliographie

1. Pohlemann T, Braune C, Gansslen A, Hufner T, Partenheimer A. Pelvic emergency clamps: anatomic landmarks for a safe primary application. *J Orthop Trauma* 2004; 18(2):102–5.
2. Advanced trauma life support for doctors: ATLS, student course manual. 8th ed. Chicago, IL: American College of Surgeons; 2008.
3. Tscherne H, Regel G. Allgemeine Behandlungsgebiete: Die Gesamtversorgung des polytraumatisierten Patienten; 1997 [cited 2011 Feb 18]. Available from: URL:http://www.dgu-online.de/pdf/unfallchirurgie/geschichte/festschrift/kapitel2_15.pdf.
4. Mattox KL, Feliciano DV, Moore EE, editors. Trauma. 4th ed. New York: Appleton & Lange; 2000.
5. Enninghorst N, Toth L, King KL, McDougall D, Mackenzie S, Balogh ZJ. Acute definitive internal fixation of pelvic ring fractures in polytrauma patients: a feasible option. *J Trauma* 2010; 68(4):935–41. Available from: URL:[doi:http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/ 10.1097/TA.0b013e3181d27b48](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10.1097/TA.0b013e3181d27b48).
6. Humphrey CA, Ellis TJ. Pelvic Fractures. In: Asensio JA, Trunkey DD, editors. Current therapy of trauma and surgical critical care. Philadelphia: Mosby/Elsevier; 2008. p. 520–5 (Current therapy series).
7. Hafferl A. Lehrbuch der topographischen Anatomie. 3rd ed. Berlin u.a: Springer; 1969.
8. Waldeyer, Fanghänel J, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen: [45 Tabellen]. 17., völlig überarb. Aufl. / hrsg. von J. Fanghänel ... Berlin [u.a.]; 2003.
9. Fritsch H, Kühnel W, editors. Taschenatlas der Anatomie. 7., vollst. überarb. Stuttgart: Thieme; 1999-2001.
10. Fritsch H. Herz-Kreislauf-System. In: Fritsch H, Kühnel W, editors. Taschenatlas der Anatomie. 7., vollst. überarb. Stuttgart: Thieme; 1999-2001. p. 6–92 .
11. Pohlemann T, Culemann U, Tosounidis G, Kristen A. Die Anlage der Notfall-Beckenzwinge. *Unfallchirurg* 2004; 107(12):1185–91.
12. Seekamp A, Burkhardt M, Pohlemann T. Schockraummanagement bei Verletzungen des Beckens. Eine systematische Literaturübersicht. *Unfallchirurg* 2004; 107(10):903–10.
13. Gardner MJ, Kendoff D, Ostermeier S, Citak M, Hufner T, Krettek C et al. Sacroiliac joint compression using an anterior pelvic compressor: a mechanical study in synthetic bone. *J Orthop Trauma* 2007; 21(7):435–41. Available from: URL:[doi:http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/ 10.1097/BOT.0b013e318126bb8e](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10.1097/BOT.0b013e318126bb8e).
14. Richard MJ, Tornetta P 3rd. Emergent management of APC-2 pelvic ring injuries with an anteriorly placed C-clamp. *J Orthop Trauma* 2009; 23(5):322–6.
15. Stöckle U. Schräg dorsaler Beckenfixateur: Ein neues Konzept zur Beckenstabilisierung Klinische und biomechanische Grundlagen, Entwicklung, Biomechanische Testung [Habilitationsschrift]. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin; 2001.

16. Kwasny O. MM. Schockraummanagement und Notfallbehandlung von schweren Beckenverletzungen: Abteilung für Unfallchirurgie und Sporttraumatologie AKh Linz [cited 2011 Feb 9]. Available from: URL:http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/30_kwasny.pdf.
17. Richter M, Otte D, Gansslen A, Bartram H, Pohlemann T. Injuries of the pelvic ring in road traffic accidents: a medical and technical analysis. *Injury* 2001; 32(2):123–8.
18. Sanchez-Tocino JM, Turegano-Fuentes F, Perez-Diaz D, Sanz-Sanchez M, Lago-Oliver J, Zorrilla-Ortuzar J et al. [Severe pelvic fractures, associated injuries and hemodynamic instability: incidence, management and outcome in our center]: Fracturas de pelvis graves, lesiones asociadas e inestabilidad hemodinamica: incidencia, manejo y pronostico en nuestro medio. *Cir Esp* 2007; 81(6):316–23.
19. Dresing K. Leitlinie Polytrauma; 2002 [cited 2011 Feb 9]. Available from: URL:<http://www.dgu-online.de/de/leitlinien/polytrauma.jsp>.
20. Hansis M. Verletzungen des Halte- und Bewegungsapparats. In: Koslowski L, Angstwurm H, editors. *Die Chirurgie: Mit 240 Tabellen und 110 Synopsen*. 4., völlig neu bearb. Stuttgart [u.a.]: Schattauer; 1999. p. 747–89 .
21. Joppich I. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie: Blasen-Verletzung, Harnröhren-Verletzung: Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie; 1999 [cited 2011 Feb 9]. Available from: URL:http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/006-006.pdf.
22. Doll D, Lenz S, Exadaktylos AK, Stettbacher A, Degiannis E, Dusel W et al. Penetrierende Beckenverletzung. *Chirurg* 2006; 77(9):770–80. Available from: URL:[doi:http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/ 10.1007/s00104-006-1228-x](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10.1007/s00104-006-1228-x).
23. Sadanand S. Pelvic Fracture. Kuwait City, Kuwait; 2009 [cited 2011 Feb 13]. Available from: URL:<http://www.physio-jahra.com/data/lectures/PELVIC-FRACTURE-wellium.pdf>.
24. Källicke T, Ambacher T, Muhr G, Arens S. Diagnostik und Klassifikation von Beckenfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit* 2000; 2(1):11–8.
25. Wagner M, Hackstock H, Szyszkowitz R, Dolati B, Vecsei V, Seggl W, Schwarz N, Schedl R, Kuderna H, Passl R, Scharf W, Hertz H, Kutscha-Lissberg E. 4. Fortbildungsseminar der Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie: Beckenringbrüche, Hüftpfannenbrüche, Frakturen des coxalen Femurendes; 1997 [cited 2011 Feb 10]. Available from: URL:<http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/4FBS.pdf>.
26. Asensio JA, Trunkey DD, editors. *Current therapy of trauma and surgical critical care*. Philadelphia: Mosby/Elsevier; 2008. (Current therapy series).
27. Culemann U, Tosounidis G, Pohlemann T. Aktuelle Behandlungsstrategien nach Azetabulumfrakturen. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2009; 4(04):229–48.
28. Klinik für Unfallchirurgie. Hüftpfannenbrüche [cited 2011 Feb 11]. Available from: URL:<http://www.mh-hannover.de/3515.98.html>.
29. Culemann U, Günther K, Pohlemann T, Thielemann F. Beckenring und Hüftgelenk. In: Scharf H, Rüter A, editors. *Orthopädie und Unfallchirurgie: Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung*. 1st ed. München, Jena: Elsevier; 2009. p. 695–768 .

30. Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 1974; 14(3):187–96.
31. Brohi K. Injury Severity Score: Trauma.org; 2010. Available from: URL:<http://www.trauma.org/index.php/main/article/383/>.
32. Müller-Färber J, Müller K. Stabile und instabile Beckenringfrakturen. *Arch. Orth. Traum. Surg* 1978; 93(1):29–41.
33. Schmidt D, Bazlen U. *Chirurgie*. 1st ed. München, Jena: Elsevier, Urban und Fischer; 2005.
34. Laird A, Keating JF. Acetabular fractures: a 16-year prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87(7):969–73.
35. Ertel W, Keel M, Eid K, Platz A, Trentz O. Control of severe hemorrhage using C-clamp and pelvic packing in multiply injured patients with pelvic ring disruption. *J Orthop Trauma* 2001; 15(7):468–74.
36. Kobziff L. Traumatic pelvic fractures. *Orthop Nurs* 2006; 25(4):235–41; quiz 242–3. Available from: URL:<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/00006416-200607000-00003> [pii].
37. Weber K, Vock B, Müller W, Wentzensen A. Lebensqualität nach operativ behandelten Beckenringfrakturen. *Der Unfallchirurg* 2001; 104(12):1162–7.
38. Weber K, Kohler H, Vock B, Wentzensen A. Lebensqualität nach Acetabulum- und Beckenringfrakturen. *Der Orthopäde (Der Orthopäde)* 2002; 31(6):582–6.
39. Unknown. Beckenringverletzungen: Unfallchirurgie, Orthopädie und Fußchirurgie Coburg und Hildburghausen. Available from: URL:<http://www.fusschirurgie-coburg.de/download/becken.pdf>.
40. Probst C, Hildebrand F, Frink M, Mommsen P, Krettek C. Erstversorgung Schwerstverletzter am Unfallort. *Chirurg* 2007; 78(10):875–84.
41. Salomone JP, Pons PT, McSwain ME. *PHTLS: Prehospital trauma life support*. 6th ed. St. Louis, Mo: Elsevier Mosby JEMS; 2006.
42. Tscherne H, Pohlemann T, Gänsslen A. Klassifikation, Einstufung, Dringlichkeit und Indikation bei Beckenverletzungen. *Zentralbl Chir* 2000; (125):717–24.
43. Thannheimer A, Woltmann A, Vastmans J, Buhren V. Die hamodynamisch wirksame Beckeninstabilität. *Zentralbl Chir* 2004; 129(1):37–42.
44. Weigel B, Nerlich M. *Praxisbuch Unfallchirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2005.
45. Grosse F. Schockraummanagement: Das Schockraumteam; 2007 [cited 2011 Feb 13]. Available from: URL:<http://www.schockraummanagement.de/034c4a98d312f40ae/00000095f40dc1205/00000095f40deea2d/index.htm>.
46. Hilty MP, Behrendt I, Benneker LM, Martinolli L, Stoupis C, Buggy DJ et al. Pelvic radiography in ATLS algorithms: A diminishing role? *World J Emerg Surg* 2008; 3:11.
47. Grechenig W. Fixateur externe: Österreichische Gesellschaft für Unfallchirurgie [cited 2011 Feb 13]. Available from: URL:http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/32_grechenig1.pdf.

-
48. Vastmans J, Woltmann A, Thannheimer A, Beickert R, Bühren V. Rolle des Fixateur externe bei instabilen Beckenringverletzungen. *Trauma Berufskrankh* 2002; 4(4):388–93.
 49. Müller KH, Müller-Färber J. Die osteosynthese mit dem fixateur externe am beeken. *Arch. Orth. Traum. Surg* 1978; 92(4):273–83.
 50. Grechenig W, Fellingner M, Peicha G. Grundlagen der Fixateur-externe-Montage. *Eur. Surg* 2002; 34(S2):29–32.
 51. Stöckle U, Göing T, König B, Haase N, Duda G, Haas NP. Schräg dorsaler Beckenfixateur. Entwicklung und biomechanische Testung. *Unfallchirurg* 2000; 103(8):618–25.
 52. Tiemann AH, Böhme J, Josten C. Anwendung der Beckenzwinge beim polytraumatisierten Patienten mit instabilem Becken: Modifizierte Technik – Gefahren – Probleme. *Orthopäde* 2006; 35(12):1225–36.
 53. Tiemann AH, Schmidt C, Gonschorek O, Josten C. Notfallbehandlung instabiler Beckenfrakturen - Stellenwert der "Beckenzwinge". *Zentralbl Chir* 2004; 129(4):245–51.
 54. Tiemann A, Hofmann G. Beckenzwinge Notfallbehandlung der (hämodynamisch) instabilen Beckenfraktur. *Trauma Berufskrankh* 2008; 10(2):110–5.
 55. Krappinger D, Larndorfer R, Struve P, Rosenberger R, Arora R, Blauth M. Minimally invasive transiliac plate osteosynthesis for type C injuries of the pelvic ring: a clinical and radiological follow-up. *J Orthop Trauma* 2007; 21(9):595–602.
 56. Pohlemann T, Culemann U, Gansslen A, Tscherne H. [Severe pelvic injury with pelvic mass hemorrhage: determining severity of hemorrhage and clinical experience with emergency stabilization]. *Unfallchirurg* 1996; 99(10):734–43.
 57. Tosounidis G, Culemann U, Stengel D, Garcia P, Kurowski R, Holstein JH et al. Das komplexe Beckentrauma des älteren Patienten. *Unfallchirurg* 2010; 113(4):281–6.
 58. Sadri H, Nguyen-Tang T, Stern R, Hoffmeyer P, Peter R. Control of severe hemorrhage using C-clamp and arterial embolization in hemodynamically unstable patients with pelvic ring disruption. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005; 125(7):443–7.
 59. Gasche T. Zur Problematik von Beckenringverletzungen mit kritischer Analyse externer Fixationssysteme [Dissertation]. München: Ludwig-Maximilians Universität; 2006.
 60. SYNTHES. Notfallbeckenzwinge: Instrument zur Notfallstabilisation bei instabilen Verletzungen und Frakturen des Beckenrings ("Typ-C-Verletzungen") [Operationstechnik]: SYNTHES; 2008. Available from: URL:http://www.synthes.com/site/fileadmin/Shared/shop/CH_Marketing/Promo/Printed_Materials/Trauma/016.000.899.pdf.
 61. Reynolds JH, Attum B, Acland RJ, Giannoudis P, Roberts CS. Anterior versus posterior pin placement of pelvic C-clamp in relationship to anatomical structures: a cadaver study. *Injury* 2008; 39(8):865–8.
 62. Frosch KH, Hingelbaum S, Dresing K, Roessler M, Sturmer KM. [The supra-acetabular pelvic clamp. Emergency treatment for unstable pelvic ring fractures]. *Unfallchirurg* 2007; 110(6):521–7.
-

63. Archdeacon MT, Hiratzka J. The trochanteric C-clamp for provisional pelvic stability. *J Orthop Trauma* 2006; 20(1):47–51.
 64. Tiemann AH, Böhme J, Josten C. Anwendung der Beckenzwinge beim polytraumatisierten Patienten mit instabilem Becken. *Orthopäde* 2006; 35(12):1225–36.
 65. Lowatscheff T. Ist der Erfolg messbar? (Daten der Arbeitsgruppe): Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie; 2003 [cited 2011 Feb 20]. Available from: URL:<http://www.egms.de/static/de/meetings/dgu2003/03dgu0148.shtml>.
 66. 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”. *Eur J Trauma* 2005; 31(3):244–51.
 67. Burkhardt M, Culemann U, Seekamp A, Pohlemann T. Operative Versorgungsstrategien beim Polytrauma mit Beckenfraktur. Eine Literaturübersicht. *Unfallchirurg* 2005; 108(10):812, 814–20.
 68. Gänsslen A, Krettek C, Pohlemann T. Emergency Stabilization of Pelvic Instabilities with the Pelvic C-Clamp. *Eur J Trauma* 2004; 30(6):412–9.
 69. Quintero AJ, Tarkin IS, Pape H. Case report: The prone reduction of a sacroiliac disruption with a pelvic C-clamp. *Clin. Orthop. Relat. Res* 2009; 467(4):1103–6.
 70. Kahol K, Ashby A, Smith M, Ferrara JJ. Quantitative evaluation of retention of surgical skills learned in simulation. *J Surg Educ* 2010; 67(6):421–6.
 71. Gray H. *Gray’s Anatomy of the Human Body*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1918. Available from: URL:<http://www.bartleby.com/107/>.
 72. Nork SE. *The Acute Management of Pelvic Ring Injuries*: Harbourview Medical Center, Seattle, Washington; 2007 [cited 2011 Mar 1]. Available from: URL:www.ota.org/res_slide/V02_Pelvis_Acute_Mgmt.ppt.
-



CURRICULUM VITAE

Vor- und Familienname: Hildegard Koller

Geburtsdatum: 12. März 1977

Familienstand: ledig

Staatsbürgerschaft: Österreich

Glaubensbekenntnis: römisch-katholisch

Adresse: Rechbauerstraße 30/1/3
A-8010 Graz

Telefonnummer: +43 660 2127 250

E-Mail: hildegard.koller@stud.meduni-graz.at

AUSBILDUNG:

TERTIÄRE AUSBILDUNG:

2011 – heute	Fachfortbildung Mesotherapie der Österreichischen Gesellschaft für Mesotherapie (ÖGM)
Juli – September 2010	Forschungsaufenthalt und unfallchirurgisches Praktikum am John Hunter Hospital / NSW / Australia
März 2009	Ärztliche Hypnose und erweiterte Kommunikation, Medizinische Universität Graz
Februar – Mai 2008	Pflichtfamulatur Augenheilkunde in Fort Lauderdale, USA
August 2007	Pflichtfamulatur an der chirurgischen Notaufnahme der Kasr Elaini Medical Faculty / Cairo University, Egypt
Juli 2007	Pflichtfamulatur Gefäßchirurgie, LKH Graz
Februar 2007	Pflichtfamulatur Innere Medizin, LKH-Feldbach
Oktober 2005 – heute	Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Universität Graz

SEKUNDÄRE AUSBILDUNG:

2003 – 2004	Akademie der Steiermärkischen Krankenanstalten GmbH Graz – Sonderausbildung für Intensiv- und Anästhesiepflege und Pflege bei Nierenersatztherapie
1993 – 1996	Diplom an der allgemeinen Krankenpflegeschule am Universitätsklinikum Graz (DGKS)
1991 – 1993	Landwirtschaftliche Fachschule Haidegg / Graz

PRIMÄRE AUSBILDUNG:

1987 – 1991	Hauptschule in Gnas
1983 – 1987	Volksschule in Gnas

BERUFLICHE TÄTIGKEITEN:

Jänner 1999 – heute	Universitätsklinik für Chirurgie Graz – Herz- und Transplant / Intensivstation
Oktober 1996 – September 1998	Universitätsklinik für Innere Medizin Graz – MED II mit Palliativbetreuung und Intensivstation

WISSENSCHAFTLICHE ARBEIT:

Dezember 2010 – heute	Planung & Durchführung einer klinischen Aufbaustudie bei Prim. Prof. Seibert im UKH der AUVA Graz; <i>Thema: Sichere Positionierung der Beckenklemme in der Akutversorgung bei instabilen Beckenringfrakturen – Anwendung eines in Australien durchgeführten Trainingsprogramms für Ärzte</i>
Juli 2010 – Oktober 2010	Traumaforschung – Planung & Durchführung einer klinischen Studie bei Prof. Balogh, PhD im John Hunter Hospital / NSW / Australia; <i>Thema: Entwicklung und Durchführung eines Trainingsprogramms speziell für Ärzte in der Akutversorgung über „Safe positioning of the Pelvic C-Clamp after pelvicingfractures – what to expect?“</i>
Juli 2009 – heute	Planung & Durchführung einer prospektiv randomisierten Studie an der Sektion für chirurgische Forschung bei Prof. Uranüs, Medizinischen Universität Graz; <i>Thema: prospektiv randomisierte Studie über perkutane Cholecystostomie versus Cholecystektomie bei Patienten mit einer akuten Cholecystitis nach herzchirurgischen Eingriffen mit Herz-Lungenmaschine</i>
2004	Wissenschaftliche Arbeit (Patientenfallstudie) über das „Leben mit dem Kunstherz“, vorgestellt im Rahmen des Internationalen Transplant - Kongress, Graz;

ZUSÄTZLICHE QUALIFIKATIONEN:

Chirurgische Operationslehre (Hautverschluss & Nahttechniken); Prof. Selman Uranüs, 2010

Workshop „Hypnotherapeutische Schmerzkontrolle“; Dr. Burkhard Peter, 2010

Medical Leadership Development Seminar im John Hunter Hospital Campus, 2010

Unfallchirurgische Notfalleingriffe Graz, 2010

Notfallmedizin „Refresherkurs“ Graz, 2010

Vertiefte Ausbildung Schmerzmedizin, 2009

Visceraltrauma-Workshop Graz, 2009

Homunculus Pflegeherapie, Teile I und II, 2003

Weiterbildung, 1. Oberösterreichisches Anästhesiesymposium, 2002

Weiterbildung, Innsbruck Forum für Intensivmedizin und Pflegesymposium, 2002

Internationaler Transplant - Kongress, Going am Wilden Kaiser, Austria, 2001

Internationaler Transplant - Kongress, Schladming, Austria, 2000

Weiterbildung, Wiener Intensivmedizinische Tage, AKH Wien, 2000

Basale Stimulation in der Pflege; Grund- und Aufbaukurse, 1998

EDV - KENNTNISSE:

MS Word – Excel – Works – Powerpoint –
Outlook – Project – Access
Bildbearbeitung – Photoshop

SPRACHKENNTNISSE:

Deutsch, Englisch

INTERESSEN:

Reisen, Literatur, Kunst, Sport, Musik

Graz, März 2011
