

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Zentrum für Operative Medizin
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie

Univ.-Prof. Dr. Karl-Heinz Frosch

Qualität und Effektivität der präklinischen Versorgung von Schockraumpatienten mit Beckengurt

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Vorgelegt von:

Sarina Kothe aus Bremen

Hamburg 2021

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am:
18.08.2022**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

**Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende:
PD Dr. Florian Fensky**

**Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in:
PD Dr. Jakob Valentin Nüchtern**

Inhaltsverzeichnis	Seite
I. Inhaltsverzeichnis	I
II. Abbildungsverzeichnis	II
III. Tabellenverzeichnis	II
1. Einleitung	1
1.1 Beckengurte	1
1.2 Indikationen zur präklinischen Anlage von Beckengurten	2
1.3 Beckenringfrakturen	3
1.3.1 Epidemiologie und Ätiologie	3
1.3.2 Klassifikation	4
1.3.3 Letalität	4
1.3.4 Versorgung von Beckenringfrakturen	5
1.4 Hämodynamische Instabilität bei Beckenringfrakturen	6
1.5 Aktueller Stand der Literatur	7
1.6 Fragestellung	9
2. Material und Methoden	9
3. Ergebnisse	13
3.1. Position der Beckengurte	13
3.2. Effekt durch Beckengurte	14
3.2.1. Vergleichsgruppen	14
3.2.2. Vergleich Outcome-Parameter	15
3.2.3. Vergleich möglicher Einflussfaktoren	19
3.2.4. Vergleich mit Gruppe 3 + 4 gepoolt	25
4. Diskussion der Ergebnisse	26
5. Begrenzungen und Limitationen	35
6. Schlussfolgerung	35
7. Zusammenfassung	37
8. Abkürzungsverzeichnis	39
9. Literaturverzeichnis	40
10. Danksagung	44
11. Lebenslauf	45
12. Eidesstattliche Versicherung	46

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beckengurt-Modelle

Abbildung 2: Beckenring Frakturtypen

Abbildung 3: Flussdiagramm Hämodynamik beim Schock

Abbildung 4: Messung des Gurtabstandes

Abbildung 5: Verteilung der Gurtlage

Abbildung 6: Verteilung der Abstände vom Gurt zur Ideallinie

Abbildung 7: Wer bekam einen Gurt angelegt?

Abbildung 8: Versorgung bei instabiler Beckenringfraktur

Abbildung 9: Patientengruppen

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Outcome-Parameter

Tabelle 2: Vergleich von Überleben und ISS bei erweitertem Toleranzbereich

Tabelle 3: Signifikante Einflussfaktoren auf die Outcome-Parameter

Tabelle 4: Vergleich der Einflussfaktoren nach Gruppen

Tabelle 5: Tabelle 5: Korrelationen der Einflussfaktoren

Tabelle 6: Vergleich von Outcome-Parametern und Einflussfaktoren bei gepoolter Gruppe ohne präklinischen Beckengurt

1. Einleitung

1.1. Beckengurte

Der Beckengurt ist ein mechanisches Hilfsmittel, mit dem instabile Beckenringfrakturen von extern komprimiert und stabilisiert werden sollen. Es werden verschiedene Modelle angeboten, die im Rettungsdienst genutzt werden: Der Pelvic Binder®, der Sam Pelvic Sling (Sam Products) und der Trauma Pelvic Orthotic Device (TPOD) (PYNG Medical).

Zur Anschaulichkeit werden nachstehend alle drei Modelle abgebildet:

Abbildung 1: Beckengurt-Modelle



1) Pelvic Binder

2) TPOD

3) SAM Pelvic Sling

1) <https://www.pelvicbinder.com/pelvicbinder>, 2) : <https://www.amazon.ca/T-POD-On-the-spot-pelvic-stability-Orange/dp/B00IKNR7KK>, 3) <https://www.dsmedical.co.uk/treatment-c14/fractures-c64/sam-medical-sam-pelvic-sling-p303>

Die Hersteller bewerben ihre Modelle als lebensrettende Hilfsmittel, die Blutungen im Becken eindämmen sollen. Die Gurte werden beim verletzten Patienten um das Becken gelegt. Anschließend wird durch Zug an einem Riemen ein zirkumferentieller Druck aufgebaut, der das Volumen im kleinen Becken verkleinern soll. (Pelvic Binder, 2001-2019, Medical, 2019b, Medical, 2019a)

Blutverlust ist der häufigste Grund für ein Versterben an einer Beckenringfraktur (Smith et al., 2007). Die Instabilität des Beckenrings führt zu einem erweitertem intrapelvinem Lumen und Blutungen können nicht tamponiert werden (Thannheimer et al., 2004). Folglich soll hier der Beckengurt durch die zirkumferentielle Kompression das Volumen verkleinern und die Blutungen durch Druck von außen eindämmen.

Nach Empfehlung des Herstellers wird der TPOD mit dem oberen Rand auf Höhe des Beckenkamms angelegt. Der Pelvic Binder® und SAM® Pelvic Sling hingegen sollen über den großen Femurtrochanteren zentriert werden. Der SAM Pelvic Sling gibt bei der gewünschten aufgebracht Kompressionskraft von 150N ein Klicken von sich. Beim TPOD wird die gewünschte Volumenreduktion dadurch erlangt, dass der Gurt für den Patienten individuell zurechtgeschnitten wird. Beim losen Anlegen verbleibt zwischen dem linken und

dem rechten Rand ein Abstand von 15-20 cm, der dann durch das Festgurten vollständig geschlossen wird.

Alle drei Modelle sind aus strahlendurchlässigem Material, so dass die Gurte beim konventionellen Röntgen und in der CT angelegt bleiben können. (Pelvic Binder, 2001-2019, Medical, 2019b, Medical, 2019a)

Bei Acetabulumfrakturen können Beckengurte jedoch zur einer Dislokation der Fraktur beitragen und durch den Druck Schäden im Knorpel des Hüftgelenks verursachen (Auston and Simpson, 2015). In einem Case Report wird von einer übersehenen dislozierten Acetabulumfraktur, bei der ein Beckengurt angelegt wurde, berichtet. Die Patientin verstarb schließlich aufgrund einer massiven venösen Blutung der Vena iliaca externa (Suzuki et al., 2020). Ein weiterer Fallbericht beschreibt Komplikationen bei einer Frau mit instabiler Beckenringfraktur, bei der ein TPOD angelegt wurde. Aufgrund der Komprimierung der Diastase der Symphyse kam es bei der Patientin zu einer Inkarzeration der Harnblase und in deren Folge nach definitiver Versorgung dann zur postoperativen Wundinfektion (Suzuki et al., 2020). Bleibt der Beckengurt zu lange angelegt (über 48h) kann es zu Druckläsionen der Weichteile in diesem Bereich kommen. In der Literatur finden sich Fallberichte über Hautnekrosen, Morell-Lavallée-Läsionen und Myonekrosen. Aufgrund dieser Erkenntnisse sollte der Beckengurt nach Stabilisierung rechtzeitig abgenommen werden (Krieg et al., 2005b, Lyndon W.Mason, 2009, Suzuki et al., 2020).

Zudem besteht die Möglichkeit, dass Frakturspalten oder der Symphysenabstand durch die Komprimierung mit dem Beckengurt derart verkleinert werden, dass die Verletzung in der CT übersehen wird. Somit sollten die Aufnahmen bei Patienten mit Verdacht einer Beckenringverletzung kritisch betrachtet werden. Nach Abnahme des Beckengurtes sollte eine weitere konventionelle Beckenübersichtsaufnahme angeschlossen werden (Fletcher et al., 2016).

Insgesamt ergeben sich jedoch bei korrekter Anwendung und umsichtiger radiologischer Diagnostik wenig oder sehr selten Nachteile für den Patienten. Es wird davon ausgegangen, dass Blutungen in das Becken eingedämmt werden können (NAEMT, 2016).

1.2. Indikation zur präklinischen Anlage von Beckengurten

In den deutschen S3-Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zur Polytrauma-Versorgung wird der Einsatz von Beckengurten in der präklinischen Phase nicht explizit genannt. Im Abschnitt zur Schockraumversorgung wird die mechanische Notfallstabilisierung bei instabilem Beckenring und hämodynamischer Instabilität empfohlen. Damit ist neben Beckenzwinge oder Fixateur externe auch der Beckengurt

gemeint (DGU, 2016). Die nationalen englischen Leitlinien empfehlen die Anlage eines Beckengurtes bei Verdacht auf aktive Blutungen aus einer Beckenfraktur nach stumpfen Verletzungen durch hohe Krafteinwirkung (NICE, 2016). Diese Empfehlung bezieht sich ebenfalls auf den präklinischen Einsatz.

Innerklinisch kann auf Basis der Bildgebung standardisiert nach AO klassifiziert werden, ob es sich um eine stabile oder eine instabile Fraktur handelt. Der Notarzt soll jedoch schon vor Ort entscheiden, ob ein Beckengurt angelegt werden soll. Dafür sollte **K**inematik (Unfallmechanismus), **I**nspektion des Beckens und **S**chmerzen im Beckenbereich betrachtet werden und dann gegebenenfalls stabilisiert werden (KISS-Schema) (NAEMT, 2016). Eine Studie des deutschen TraumaRegisters (Lustenberger et al., 2016) zeigte jedoch, dass bei 44,1% der Patienten mit Beckenfrakturen präklinisch keine Fraktur des Beckens vermutet wurde. Bei instabilen B- und C-Frakturen waren 40,5% und 32,3% nicht verdächtig. Die Autoren schlussfolgern daher, dass, unabhängig von der präklinischen Untersuchung, bei jedem Patienten mit schweren stumpfen Verletzungen eine Gurtanlage in Betracht gezogen werden sollte.

Somit ergibt sich als Indikation zur Anlage der Patient mit hämodynamischer Instabilität und Verdacht auf eine Verletzung des Beckenringes, im Zweifel bei schweren stumpfen Verletzungen in Verbindung mit hämodynamischer Instabilität auch ohne den klinischen Verdacht einer knöchernen Beckenverletzung.

1.3. Beckenringfrakturen -

1.3.1. Epidemiologie und Ätiologie

Die Häufigkeit von Beckenfrakturen bei verletzten Patienten wird bei etwa 3% angenommen. Unter den Schwerverletzten steigt die Inzidenz jedoch an. So sind hier bis zu über 25% Beckenfrakturen beschrieben (Tscherne and Pohlemann, 1998). Das TraumaRegister der DGU verzeichnet für das Jahr 2016 in seinem Schwerverletztenkollektiv eine Inzidenz von 15,3% für Verletzungen des Beckens ((DGU) et al., 2017). Zu den Ursachen von Beckenringfrakturen zählen Stürze aus großer Höhe, Verkehrsunfälle als Fußgänger, als Insasse eines Kraftfahrzeuges, Motorradfahrer oder mit dem Fahrrad sowie vom Zug erfasst werden und andere stumpfe Gewalteinwirkung (Perkins et al., 2014).

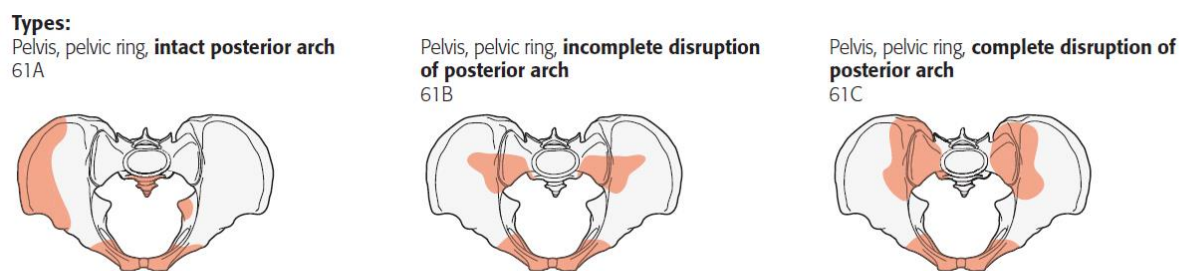
1.3.2. Klassifikation

Die Klassifikation von Beckenringfrakturen richtet sich nach dem ursprünglich von M.Tile beschriebenen Modell:

- A-Frakturen: stabil, Beckenring nicht einbezogen oder stabile nur minimal dislozierte Frakturen
- B-Frakturen: rotationsinstabil „open-book-injury“ oder durch laterale Kompression
- C-Frakturen: translations- und rotationsinstabil (Tile, 1996)

Diese Einteilung wurde von der AO Foundation übernommen:

Abbildung 2: Beckenring Frakturtypen



(AO Foundation, 2018)

Weiter unterscheidet man „einfache“ von „komplexen Beckenringfrakturen“, bei den eine Verletzung von Weichgewebe vorliegt (Hauschild et al., 2008).

Es gibt noch weitere Einteilungen, wie z.B. nach Rommens, die für die vorliegende Fragestellung jedoch nicht von entscheidender Relevanz sind.

1.3.3. Letalität

Internationale Studien, die sich auf Erhebungszeiträume ab dem Jahr 2000 beziehen, berichten von Letalitätsraten zwischen 8 und 20% (Agri et al., 2017, Black et al., 2016, Fitzgerald et al., 2017, Hsu et al., 2017). Durch verbesserte Behandlungsalgorithmen und interdisziplinäres Schockraummanagement konnte die Letalität in den letzten Jahren gesenkt werden. So berichten Fitzgerald et al. eine Verbesserung der Letalität von 20% auf 7%, Hsu et al. von 11,49% auf 8,93% und Black et al. von 12,5% auf 11%. Nach einer Datenerhebung des deutschen Beckenregister sank die Mortalität von Beckenringverletzungen in Deutschland für die Jahre 1998-2000 auf nur 5% (Hauschild et al., 2008).

Instabile Beckenringfrakturen vom Typ B oder C sind mit schwereren Begleitverletzungen, schlechteren Vitalzeichen, höherem Bedarf an Volumen und Transfusionen im Gegensatz

zu stabilen Typ-A-Frakturen verknüpft. Die Rate von Multiorgandysfunktion, Sepsis und Letalität ist insbesondere bei Typ-C-Frakturen erhöht. Komplexe Beckenringverletzungen sind mit höherer Beckeninstabilität (also Tile B, mehr noch C) assoziiert und führen zu einer höheren Mortalität als einfache Frakturen (Burkhardt et al., 2012). Dies bestätigt eine retrospektive Kohortenstudie von Agri et al., die bei Typ A Frakturen eine 48-Stunden-Letalität von 3,8% finden, bei Typ B 7% und bei Typ-C-Frakturen eine Sterblichkeit von 22%(Agri et al., 2017).

Perkins et al. belegen in einer Studie eine hohe Letalität von 34% bei hämodynamisch instabilen Patienten mit Beckenringfrakturen(Perkins et al., 2014). Ebenso fanden Eastridge et al. bei hypotensiven Patienten mit Beckenringfrakturen eine Sterblichkeit von 25% bei stabilen Beckenringfrakturen und von sogar 52% bei instabilen Beckenringfrakturen (Eastridge et al., 2002). Somit stellen insbesondere instabile Beckenringfrakturen eine enorme Herausforderung für die Behandlung dar.

Ein Versterben an einer Beckenringfraktur ist meistens (in 74%) durch den Blutverlust bedingt, am zweithäufigsten durch Multiorganversagen (Smith et al., 2007). Dementsprechend steht für die Behandlung des Patienten die Kontrolle von Blutungen im Vordergrund.

1.3.4. Versorgung von Beckenringfrakturen

Schwerverletzte Patienten und damit die meisten instabilen Beckenringfrakturen werden gemäß „Advanced Trauma Life Support“ nach dem ABCDE-Schema behandelt. Die Behandelnden kümmern sich in priorisierter Reihenfolge zuerst um **A**irway - Durchgängigkeit der Atemwege, Atemwegssicherung und Stabilisierung der Halswirbelsäule - dann **B**reathing – Beatmung und Ventilation, und dann um die **C**irculation – Kreislauf- und Blutungskontrolle. Weiter folgen Untersuchungen zur **D**isability – neurologischem Status – und **E**xposure – Entkleidung und klinische Untersuchung ((ACS), 2015). Zur Blutungskontrolle beim hämodynamisch instabilen Patienten werden neben der Stabilisierung der Fraktur Angioembolisationen oder ein „Präperitoneales Pelvic Packing“ durchgeführt, bei dem die Bauchdecke eröffnet und Bauchtücher zur Tamponade in das kleine Becken eingebracht werden (Tosounidis and Giannoudis, 2013). Die Stabilisierung der Fraktur kann durch die Anlage eines Fixateurs externe oder einer Beckenzwinge erfolgen. Der Fixateur ist indiziert bei Rotationsverletzungen (Typ B), Ileumfrakturen und transiliakalen Luxationsfrakturen, die Beckenzwinge wird bei instabilen Patienten für C-Frakturen ohne Ileumfrakturen verwendet. Eine definitive Frakturversorgung mittels „Open Reposition and internal Fixation“ (ORIF), also offener Reposition und anschließender Osteosynthese, wird erst beim hämodynamisch stabilisierten Patienten durchgeführt, dann

können die Symphyse oder die Iliosakralgelenks-Fuge verplattet werden (Thannheimer et al., 2004).

1.4. Hämodynamische Instabilität bei Beckenringfrakturen

Der Begriff „Hämodynamik“ beschreibt zunächst einmal die Physik des Blutkreislaufs. Das vom Herz ausgeworfene Blut überwindet, angetrieben durch die arterio-venöse Druckdifferenz, den totalen peripheren Widerstand der Gefäße und wird auf die Organe verteilt. Lokale und systemische Regulationsmechanismen sorgen dafür, dass die Funktion des Kreislaufsystems, also die Versorgung der Organe mit Sauerstoff und Nährstoffen sowie der Abtransport derer Produkte, aufrechterhalten wird. So kann der Blutdruck und damit der Perfusionsdruck über eine Erhöhung des Schlagvolumens, der Herzfrequenz und des Widerstandes erhöht werden. Wenn die Kreislaufregulation nicht ausreicht, um die Perfusion der Organe stabil zu gewährleisten, liegt ein lebensbedrohlicher Kreislaufchock vor. Dieser kann unter anderem hämorrhagisch bzw. hypovolämisch bedingt sein. (vgl. Klinke (2014)).

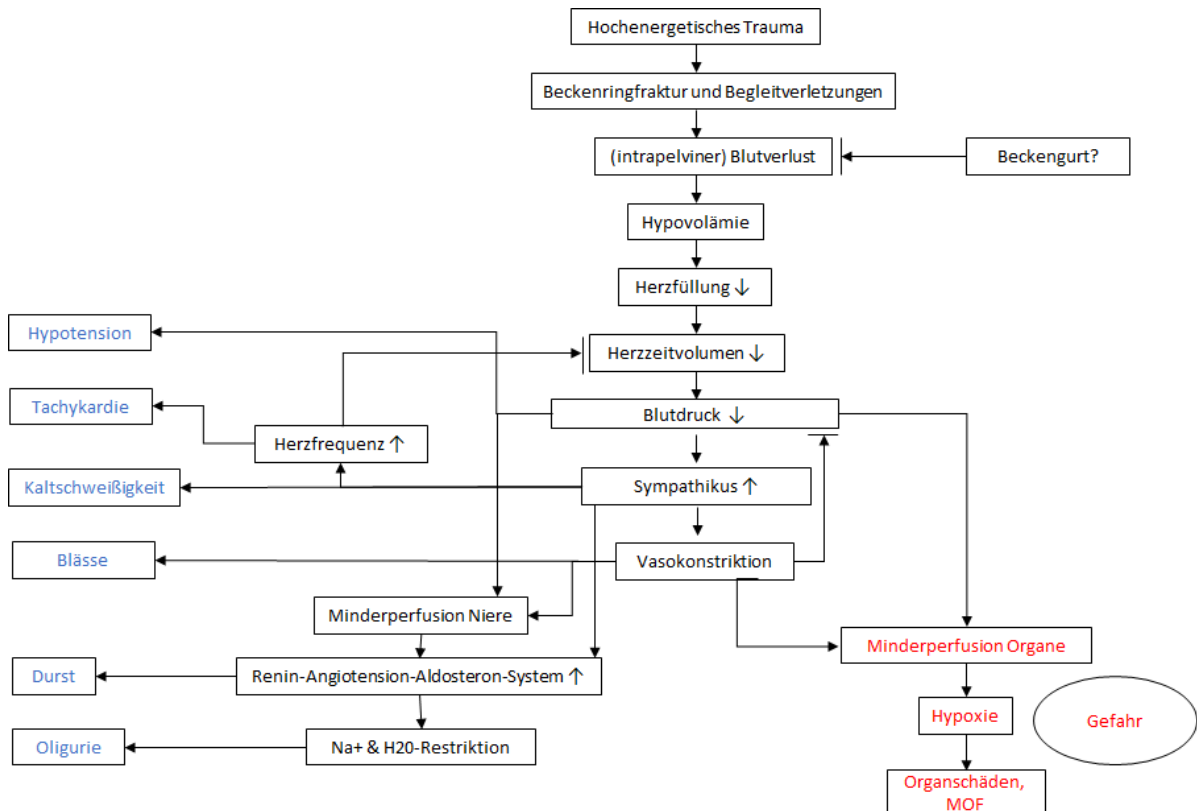
Für den Begriff der hämodynamischen Instabilität herrscht in der Literatur keine einheitliche Definition. Loggers et al. führten zu dieser Definition einen systematischen Review und eine Expertenbeurteilung durch. Notärzte, Anästhesisten und Unfallchirurgen gaben an, die Vitalparameter Herzfrequenz, systolischen Blutdruck und Atemfrequenz zur Beurteilung zu nutzen. Hierbei herrschte jedoch auch keine Einigkeit über feste Grenzen (Loggers et al., 2017). Nach den S3-Leitlinien zum „Polytrauma“ wird eine hämodynamische Instabilität angenommen, wenn der systolische Blutdruck des Patienten <90 mmHg liegt (DGU, 2016).

Als Quellen der Blutungen bei Beckenringfrakturen werden in der Literatur Verletzungen von arteriellen Gefäßen, venösen Gefäßen und spongiosen Knochen beschrieben (Tosounidis and Giannoudis, 2013). Es kommt zu einem Blutverlust ins Beckeninnere sowie nach retroperitoneal. Durch das große Volumen an Abflussmöglichkeiten kann sich die Blutung nicht selbst tamponieren und es droht ein Verbluten (Thannheimer et al., 2004). Wie oben beschrieben ist der Blutverlust der häufigste Grund für ein Versterben an einer Beckenringfraktur. Es kommt durch den Blutverlust zu einem Volumenmangel. Dieser geht mit einem erniedrigten Blutdruck und kompensatorisch erhöhter Herzfrequenz, Blässe und Kältschweißigkeit (durch periphere Vasokonstriktion), sowie Oligurie (durch Minderperfusion der Niere und Aktivierung des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems) und starkem Durst einher. Letztere sind gegenregulatorische Maßnahmen des Körpers, um den Kreislauf und damit die Organperfusion aufrecht zu erhalten. Mit dem Schockindex (= Herzfrequenz/ systolischen Blutdruck) lässt sich die Höhe des Volumenverlustes grob einschätzen, wobei ab einem Wert von 1,0 ein drohender Schock und ab 1,5 ein manifester

Schock vorliegen. Bleibt der systolische Blutdruck längerfristig unter 90 mmHg entwickeln kommt es in Verbindung mit der Vasokonstriktion zu einer Minderperfusion und damit Hypoxie der Organe, es droht ein Kreislaufversagen (Silbernagl and Lang, 2013).

Zur besseren Verständlichkeit wird nachstehend ein Flussdiagramm abgebildet, welches die hämodynamischen Zusammenhänge eines Schocks durch Blutverlust verdeutlichen soll:

Abbildung 3 Flussdiagramm Hämodynamik beim Schock



Angelehnt an Silbernagl and Lang (2013)

1.5. Aktueller Stand der Literatur

An dieser Stelle soll dargestellt werden, nach welchen wissenschaftlichen Erkenntnissen der Beckengurt angelegt werden soll und inwieweit Evidenz für einen positiven Effekt aus der Anlage bei instabilen Beckenringfrakturen besteht.

Biomechanische Studien an Verstorbenen mit instabilen Beckenringfrakturen zeigen, dass Beckengurte die Stabilität des Beckens verbessern und das intrapelvine Volumen verkleinern. Ideal zeigt sich hierbei die Komprimierung bei einer Anlage auf Höhe der großen Trochanteren und der Symphyse mit einem Druck von 180 N (Bottlang et al., 2002a, Bottlang et al., 2002b). Zwischen den verschiedenen Beckengurten SAM Sling, Pelvic

Binder und TPOD finden sich dabei keine Unterschiede (Knops et al., 2011). Auch am lebenden Menschen mit Beckenringfraktur konnte die Verkleinerung der Beckenweite mittels Beckengurt nachgewiesen werden (Krieg et al., 2005a). Dreizin et al. konnten bei rotationsinstabilen Frakturen eine signifikante Verkleinerung der iliosakralen Diastase sowie eine signifikante Reduktion von pelvinen Hämatomen durch die Anlage von Beckengurten zeigen (Dreizin et al., 2018).

Eine retrospektive Studie über instabile Beckenringfrakturen zeigte eine signifikant bessere Reduktion des Symphysenabstandes bei Anlage des Beckengurtes auf Höhe der großen Femurtrochanteren im Vergleich zur Anlage oberhalb oder unterhalb (Bonner et al., 2011). Die Autoren belegten damit, dass diese Position Voraussetzung für die Verkleinerung des Volumens im Becken ist. Zwei kleine Studien aus Deutschland und Großbritannien legen jedoch nahe, dass Beckengurte häufig nicht diesen Vorgaben entsprechend angelegt werden (Jansen et al., 2018, Naseem et al., 2018). Eine weitere Studie aus Queensland bestätigt dies (Williamson et al., 2020).

Daten aus dem TraumaRegister 2017 zeigten, dass in dem erhobenen Zeitraum nur 29% der Patienten mit instabilen Beckenringfrakturen einen Gurt angelegt bekamen ((DGU) et al., 2017).

Zur Bedeutung der korrekten Position am Patienten findet sich ein Fallbericht über einen Motorradfahrer mit einer Becken-C Fraktur. Dieser konnte nicht hämodynamisch stabilisiert werden, als der Beckengurt präklinisch zu hoch angelegt wurde. Die Stabilisierung gelang nach Korrekturposition im Schockraum (Fleiter et al., 2012). Dies deutet darauf hin, dass die korrekte Positionierung des Beckengurtes entscheidend sein kann. Ebendiese Lage soll daher in der vorliegenden Studie geprüft werden.

Trotz des positiven Effektes im soeben beschriebenen Fall, finden sich bislang wenig klinische Studien hinsichtlich eines Effektes auf den Behandlungserfolg beim Patienten. Eine hämodynamische Stabilisierung oder Reduktion der Mortalität durch die präklinische Beckengurtanlage konnte bisher nicht eindeutig belegt werden.

Eine Auswertung aus dem Beckenregister DGU an 207 Patienten vergleicht zwischen der Anlage von Beckengurten, operativer Anlage einer Beckenzwinge und das Wickeln eines Lakens, um die Fraktur zu komprimieren. Dabei zeigte sich beim Laken eine signifikant höhere Inzidenz von letalen intrapelvinen Blutungen (23%) im Vergleich zum Beckengurt (4%) und der Beckenzwinge (8%). Für die Notwendigkeit von Transfusionen, Länge des Krankenhausaufenthaltes und die Gesamtmortalität ließ sich zwischen den Gruppen jedoch kein signifikanter Unterschied zeigen (Pizanis et al., 2013).

Croce et al. verglichen den Behandlungseffekt von anterioren externem Beckenfixateur gegenüber der Anlage eines TPODs an Patienten mit multiplen Beckenringfrakturen mit Gefäßrupturen, retroperitonealem Hämatom, Open-Book-Verletzungen mit Sprengung der Symphyse oder des ISG sowie vertikaler Instabilität. Hier zeigten die Patienten mit TPOD eine tendenziell niedrigere Mortalität, benötigten signifikant weniger Transfusionen und mussten weniger Tage im Krankenhaus verbringen (Croce et al., 2007). Diese Studie ist somit der erste Hinweis dafür, dass Beckengurte einen Einfluss auf die Mortalität haben, und belegt die Verbesserung der Hämodynamik des Verletzten. Jedoch ist zu bedenken, dass die Anlage eines externen Fixateurs ein notfallchirurgischer Eingriff ist, der den Patienten ebenfalls hämodynamisch belasten könnte. Zur Notfallmäßigen Stabilisierung scheint der Beckengurt nach dieser Studie besser geeignet zu sein als der externe Fixateur. Insgesamt finden sich in der Literatur wenig Belege für einen positiven Effekt auf den lebenden Patienten durch die präklinische Anlage eines Beckengurtes. Die Positionierung der Beckengurte scheint eine wichtige Rolle zu spielen, eine fehlerhafte Anlage könnte den positiven Effekt geringer erscheinen lassen.

Die Qualität und Effektivität der Beckengurtanlage sollen daher in dieser Studie weiter untersucht werden.

1.6. Fragestellung

In dieser Studie werden zwei Fragestellungen bearbeitet:

- 1) Wie oft werden Beckengurt präklinisch korrekt auf Höhe der großen Trochanteren angelegt?
- 2) Ergibt sich durch die korrekte Anlage ein Vorteil hinsichtlich des Überlebens, der Behandlungsdauer, der Transfusionsbedürftigkeit, und der Katecholaminpflichtigkeit für die Patienten mit instabilen Beckenringfrakturen gegenüber denen ohne Beckengurt oder mit nicht nach wissenschaftlichen Vorgaben gemäß angelegtem Gurt?

2. Material und Methoden:

Für die vorliegende Datenerhebung wurden alle Fallakten und CT-Übersichtsaufnahmen von Patienten evaluiert, die an einem zertifiziertem überregionalem Traumazentrum, dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, über den Schockraum aufgenommen und in das TraumaRegister DGU eingepflegt wurden. Es wurde der Zeitraum vom 01.01.2014 bis zum 31.12.2018 untersucht. Insgesamt wurden 1207 Patientenfälle gesichtet. Ein Votum der Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg liegt vor.

Für die erste Fragestellung nach der Lage des Beckengurtes wurden alle Patienten mit sichtbar anliegendem Beckengurt auf dem Scout der Polytrauma-CT im Schockraum eingeschlossen. Bei 108 Patienten konnte ein Beckengurt identifiziert werden.

Für die zweite Fragestellung wurden zudem alle Patienten mit einer instabilen Beckenringfraktur (AO 61B oder 61C) identifiziert. Es fanden sich 71 Patienten mit instabilen Beckenringfrakturen.

Zu Fragestellung 1): Zur Bewertung der Lage von Beckengurten wurde zunächst die ideale Position für diese Studie definiert. Entsprechend Bonner et. Al. (2011) befindet sich die ideale Position auf Höhe der großen Trochanteren. Auf den CT-Scouts wurden die Mittelpunkte zwischen Ober- und Unterrand der großen Trochanteren auf beiden Seiten des Patienten bestimmt und eine Gerade durch beide Punkte gelegt. Diese Gerade stellt somit die Ideallinie dar. Zur Bestimmung der Lage des Beckengurtes wurde ebenfalls graphisch der Mittelpunkt der sichtbaren Schnalle (beim TPOD die Mitte der Knöpfe) ermittelt. Von der Ideallinie aus wurde eine Senkrechte durch diesen Mittelpunkt gelegt und der Abstand von Ideallinie zur Mitte der Schnalle gemessen. Für die adäquate Lage des Beckengurtes wurde ein Toleranzbereich von ± 3 cm ausgewählt.

Die Abstände der Gurtlagen kaudal der Ideallinie wurden mit negativen Zahlen beschrieben, Lagen kranial der Ideallinie mit positiven Zahlen.

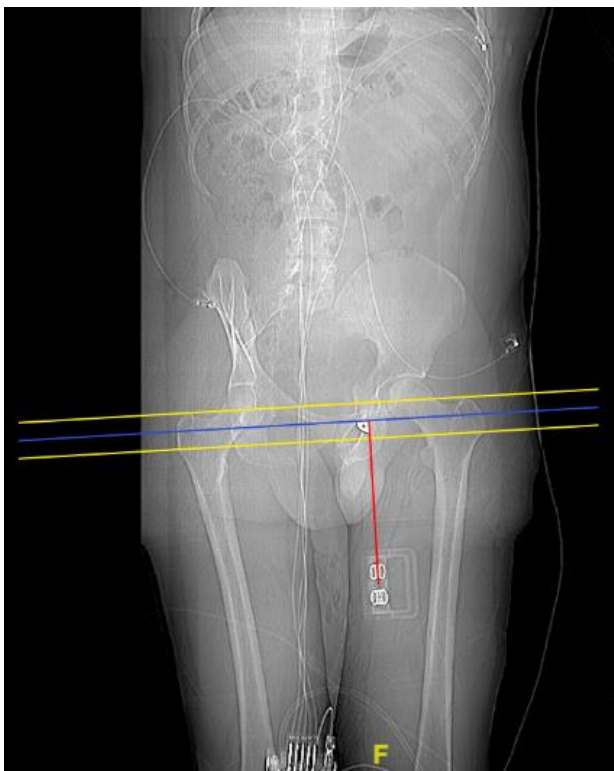


Abbildung 4 Messung des Gurtabstandes, Blau = Ideallinie, mittig zwischen Gelb = Ober- und Unterrand Trochanteren Rot = Senkrechte zur Mitte der Schnalle = Abstand des Gurtes zur Ideallinie

Fragestellung 2): Um einen möglichen Vorteil eines korrekt angelegten Beckengurtes zu nachzuweisen, wurden die Daten der Patienten mit Beckenringfrakturen ausgewertet. Die Klassifikation der Beckenringfraktur wurde durch einen Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie überprüft. Die Auswertung erfolgte an den pseudonymisierten Daten aus dem TraumaRegister und den dazugehörigen Fallakten des Klinikums.

Als wichtigsten Outcome-Parameter wurde das Überleben der Patienten erfasst. Um einen blutsparenden Effekt nachweisen zu können, wurde die Gabe von Erythrozytenkonzentraten (EK), Gefrorenem Frischplasma (GFP) und Thrombozytenkonzentraten (TK) erfasst ebenso wie die Dauer der Katecholaminpflichtigkeit. Weiter wurde die Dauern des intensivstationären und des gesamten stationären Aufenthaltes erhoben.

Als mögliche Einflussfaktoren wurden die Schwere der Verletzung als Injury Severity Score (ISS) erhoben und ebenfalls der die Risikoklassifikation der American Society of Anesthesiologists: (ASA) erhoben, um die Ausgangssituation des Patienten zu erfassen. Um die hämodynamische Ausgangssituation zu erfassen wurden Herzfrequenz (HF) und Blutdruck (RR) sowohl an Unfallort als auch bei der Ersteinschätzung im Schockraum erfasst. Ebenso wurde der Hämoglobinwert (Hb) bei Aufnahme und die Volumengabe im Rettungswagen als gegenregulatorische Maßnahme bei hypotonem Kreislauf erfasst. Auch das Alter wurde erhoben, da es eine Rolle für die physiologische Reserven des Patienten spielt. Als Indikatoren für die Geschwindigkeit der Versorgung wurden weiter die präklinische Dauer erhoben und auch die Time to CT, also die Zeit vom Eintreffen im Schockraum bis zur radiologischen Diagnostik, in der der Schockraumalgorithmus im Sinne des „Advanced Trauma Life Support“ erfolgt.

Der ISS wurde, wie bei Fallabschluss im TraumaRegister angegeben, in die Datenerhebung übertragen. Die Zeit von der Alarmierung des Rettungsdienstes bis zur Übergabe an das Traumateam wurde als präklinische Zeit dokumentiert. Diese wurden vom NAW-Protokoll abgelesen, bzw. wenn Übergabe-Zeit hier fehlte, wurde diese vom Notfallprotokoll abgelesen. Die Time to CT wurde vom Notfallprotokoll abgelesen. War diese nicht dokumentiert, wurde die Zeit von Übergabe des Rettungsdienstes bis zum Zeitpunkt der ersten CT-Aufnahme (auf dem Bildmaterial angegeben) errechnet.

HF und der systolische RR am Unfallort wurden vom NAW-Protokoll aus der Spalte „Aufnahmebefund“ übernommen. Die Volumengabe durch den Rettungsdienst wurde ebenfalls aus dem Notarzt-Protokoll berechnet.

HF und systolischer RR sowie Volumengabe im Schockraum wurden vom Notfallprotokoll abgelesen. Bei dem Notfallprotokoll handelt es sich um ein Protokoll der Anästhesie, welches im Schockraum geführt wird. Falls es kein Notfallprotokoll gab, wurden HF und Blutdruck aus der „Ersteinschätzung Notaufnahme“ übernommen. In die Volumengabe

wurden sowohl Kristalloide und Kolloide Infusionen als auch die Transfusion von Blutprodukten getrennt mit eingerechnet.

Der Hämoglobinwert wurde aus dem Laborblatt abgelesen. Die ASA-Risikoklassifikation wurde vom Anästhesieprotokoll übernommen, alternativ wie im Notfallprotokoll angegeben.

Überleben wurde bei Vorhandensein eines Entlassungsbriefes angenommen, bei Verstorbenen Patienten lag eine Todesbescheinigung im KIS-System vor.

Die Anzahl der EKs, GFPs und TKs wurde aus den Transfusionsprotokollen errechnet. Die stationäre Dauer ergab sich aus dem Entlassungsbrief. Eine weitere Behandlung in anderen Krankenhäusern oder Rehabilitationseinrichtungen wurde nicht miteingeschlossen. Für den Intensivaufenthalt wurden aus dem Arztbrief der Intensivstation bei Verlegung auf Normalstation die Anzahl der Nächte berechnet. Die Dauer der Katecholaminpflichtigkeit ergab sich aus den Tagesdokumentationsprotokollen der Intensivstation.

Zur Auswertung wurden die Patientendaten pseudonymisiert im IBM SPSS Statistics eingetragen.

Normalverteilte Variablen wurden mit dem Chi-Quadrat-Test verglichen. Bei nicht normalverteilten Variablen wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt und bei Auffälligkeiten ein Subgruppenvergleich mit dem Mann-Whitney-Test durchgeführt. Zudem wurde mit allen Variablen ein Spearman-Korrelationstest durchgeführt, um mögliche gegenseitig bedingte Einflussfaktoren zu identifizieren.

3. Ergebnisse

3.1. Position der Beckengurte

Es wurden 108 Patienten mit auf der Übersicht-CT sichtbar anliegendem Beckengurt identifiziert. Davon lag der Beckengurt bei 62 Patienten (57%) in dem von uns

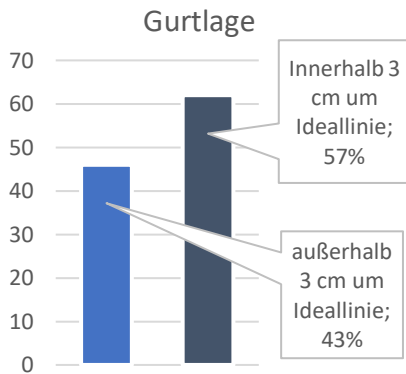


Abbildung 5: Verteilung Gurtlage, grün = korrekte Lage

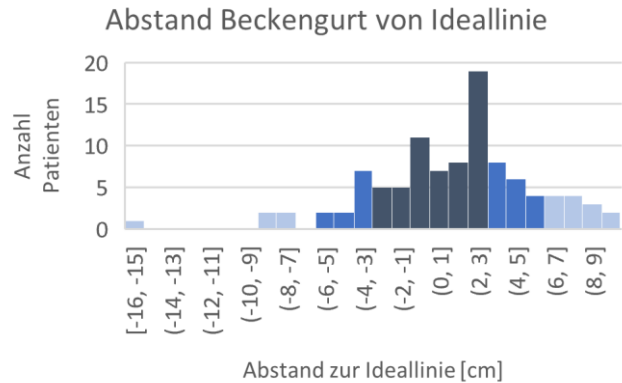


Abbildung 6 Verteilung der Abstände vom Gurt zur Ideallinie, Grün = innerhalb ± 3 cm, Gelb = Abstand > 3 cm-6cm, Rot = Abstand > 6 cm

ausgewähltem Bereich innerhalb von 3 cm um die Ideallinie. Bei 46 (43%) Patienten lag der Gurt außerhalb 3 cm um die Ideallinie. Davon lag der Gurt bei 15 (14%) Patienten zu weit kaudal und bei 31 (29%) Patienten zu weit kranial. Bei 24 Patienten (22%) lag der Gurt mehr als 5 cm von der Ideallinie entfernt. Der größte gemessene Abstand zur Ideallinie lag bei -16 cm, in die andere Richtung war der größte Abstand $+10$ cm. Von den Patienten mit angelegtem Beckengurt waren 30 (28%) mit einer instabilen Beckenringfraktur verletzt.

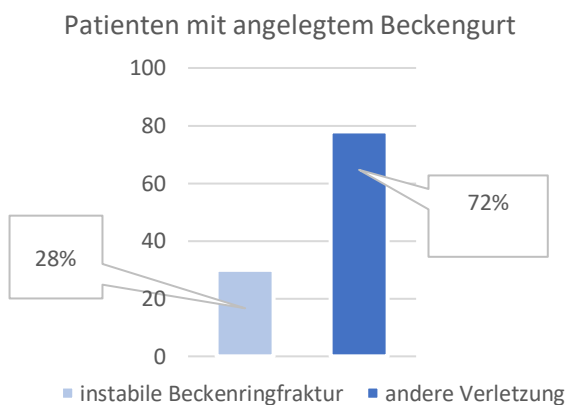


Abbildung 7: Wer bekam einen Gurt angelegt?

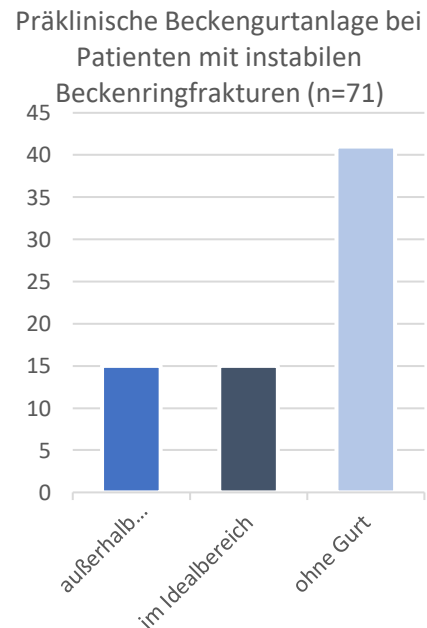


Abbildung 8: Versorgung bei instabiler Beckenringfraktur

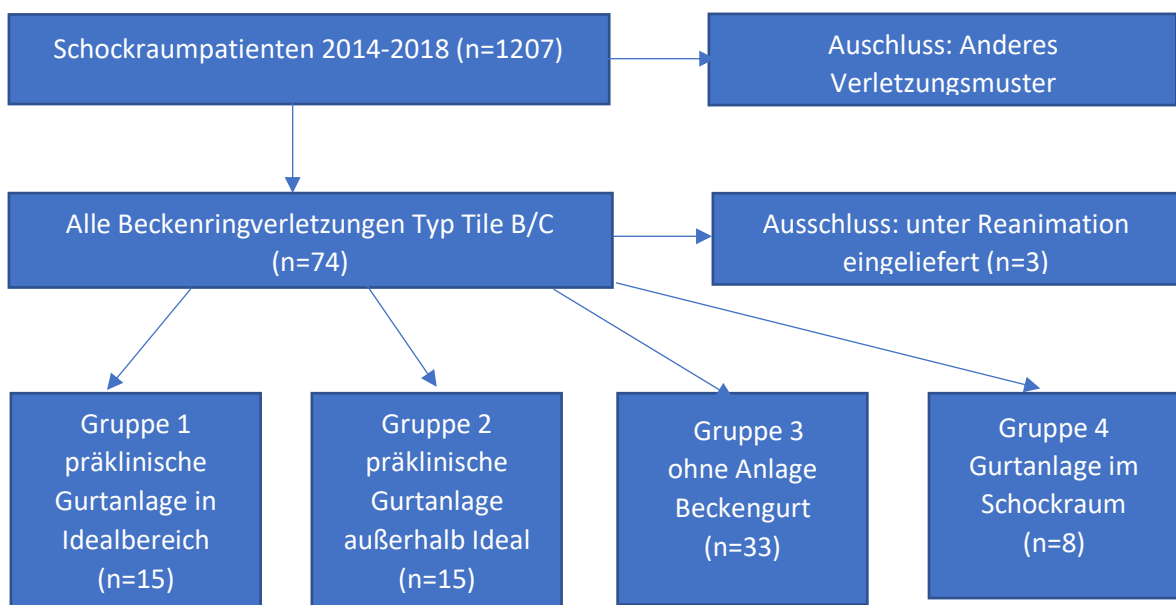
17,4% der Patienten mit angelegtem Beckengurt zeigten einen systolischen Blutdruck ≤ 90 mmHg, 28% der Patienten hatten am Unfallort einen Schockindex ≥ 1 (HF/systolischen RR).

3.2. Effekt durch die Beckengurtanlage

3.2.1. Vergleichsgruppen

Weiter fanden sich insgesamt 74 Patienten mit einer instabilen Beckenringfraktur vom Typ Tile B oder Tile C. Drei von diesen Patienten wurden unter Reanimation eingeliefert und es fanden sich keine Informationen, ob ein Beckengurt angelegt wurde. Diese drei Patienten wurden daher aus der Studie ausgeschlossen. Von den 71 Patienten hatten 15 (21%) Patienten den Gurt nach unseren Vorgaben „korrekt“ positioniert angelegt bekommen. Diese wurden der Vergleichsgruppe 1 zugeordnet. Bei weiteren 15 (21%) Patienten lag der Gurt außerhalb des definierten Idealbereichs. Diese wurden der Gruppe 2 zugeordnet. Die verbleibenden 41(58%) Patienten wurden ohne präklinisch angelegten Gurt in den Schockraum gebracht, damit Gruppe 3. Aus den Fallakten ergab sich, dass acht Patienten der letzteren Gruppe noch im Schockraum mit einem Beckengurt versorgt wurde. Damit ergab sich noch eine weitere neue Gruppe (Gruppe 4).

Abbildung 9: Patientengruppen



3.2.2. Vergleich der Outcome-Parameter

In diesem Abschnitt werden die Outcome-Parameter wie Mortalität, Dauer des stationären Aufenthalts, des Intensivaufenthalts und der Katecholaminpflichtigkeit, sowie der Transfusionsbedarf an EKs, GFP und TKs zwischen den eben dargestellten Vergleichsgruppen verglichen und es wird statistisch getestet, ob sich ein signifikanter Unterschied findet. Bei signifikanten Unterschieden wird die Korrelationen mit den weiter unten dargestellten Einflussfaktoren ermittelt. Zur Übersicht werden hier zunächst die arithmetischen Mittelwerte der Outcome-Parameter für alle Gruppen tabellarisch dargestellt, die Standardabweichung wird als σ mit angegeb.

Outcome-Parameter	Alle	Gruppe 1 Beckengurt innerhalb „Ideal“	Gruppe 2 Beckengurt außerhalb „Ideal“	Gruppe 3 Kein Beckengurt	Gruppe 4 Beckengurt durch UCH im Schockraum	p-Wert Kruskal- Wallis- Test
Überlebensrate	84,5% ($\sigma=36,4$)	80% ($\sigma=41,4\%$)	93,3% ($\sigma=25,8\%$)	81,82% ($\sigma=39,2\%$)	87,5% ($\sigma=35,4\%$)	0,719
Dauer stationärer Aufenthalt (Tage)	24,65 ($\sigma=14,73$)	23,42 Tage ($\sigma=17,22$)	25,43 Tage ($\sigma=11,14$)	21,44 Tage ($\sigma=13,38$)	37,57 Tage ($\sigma=17,27$)	0,032
Nächte auf Intensivstation	10,77 ($\sigma=14,83$)	9,08 ($\sigma=20,9$)	10,29 ($\sigma=9,24$)	7,78 ($\sigma=11,48$)	26,14 ($\sigma=16,87$)	0,007
Tage Katecholaminpflichtig	4,58 ($\sigma=10,4$)	6,33 ($\sigma=19,49$)	4,64 ($\sigma=6,81$)	2,27 ($\sigma=4,03$)	10,00 ($\sigma=10,99$)	0,024
EKs transfundiert	4,03 ($\sigma=6,2$)	5,87 ($\sigma=9,35$)	3,27 ($\sigma=3,83$)	2,12 ($\sigma=3,201$)	9,88 ($\sigma=8,29$)	0,038
GFP transfundiert	2,43 ($\sigma=5,38$)	4,73 ($\sigma=9,45$)	2,00 ($\sigma=3,207$)	0,72 ($\sigma=2,16$)	5,75 ($\sigma=5,26$)	0,018
TKs transfundiert	0,36 ($\sigma=0,89$)	0,73 ($\sigma=1,58$)	0,13 ($\sigma=03,52$)	0,25 ($\sigma=0,62$)	0,50 ($\sigma=0,54$)	0,238

Tabelle 1: Vergleich der Outcome-Parameter, σ = Standardabweichung

Die Gesamt-**Überlebensrate** betrug nach Ausschluss der Reanimationspatienten 84,5% ($\sigma=36,4$) (vorher 81,1%). Bei Patienten mit „gut“ liegendem Gurt betrug die Überlebensrate 80%, Patienten mit außerhalb des Idealbereichs liegendem Gurt überlebten in 93,3% der Fälle. Patienten aus Gruppe 3 überlebten zu 81,8% und Patienten aus Gruppe 4 überlebten in 87,5%. Somit hatten hier Patienten mit „schlecht angelegtem Gurt“ die beste Überlebensrate und Patienten mit „gut liegendem Gurt“ die niedrigste Überlebensrate. Der Unterschied zwischen den Gruppen war jedoch nicht signifikant ($p=0,719$, Kruskal-Wallis-Test).

Die Überlebensrate korrelierte nach Spearman-Test signifikant negativ mit der Schwere des Verletzungsbildes (ISS) (hochsignifikant, $p=0,0002$), der HF im Schockraum ($p=0,023$) und Volumengabe durch den Rettungsdienst ($p=0,031$), positiv mit systolischem RR im Schockraum ($p=0,02$) und Hb bei Aufnahme ($p=0,022$) und wiederum negativ mit dem ASA des Patienten (sehr signifikant, $p=0,006$).

Zur Überprüfung, ob der Toleranzbereich um die Ideallinie zu klein definiert wurde, wurden die Patienten mit anliegendem Beckengurt erneut hinsichtlich des Überlebens und ISS verglichen, diesmal mit einem Toleranzbereich von 5 cm um die Ideallinie. Die folgende Tabelle zeigt den Vergleich:

Toleranzbereich	3 cm			5 cm		
	n	Überleben	ISS	n	Überleben	ISS
Lage innerhalb	15	80%	23,8	24	83,33%	22,96
Lage außerhalb	15	93,33%	21,67	6	100%	21,83

Tabelle 2: Vergleich von Überleben und ISS bei erweitertem Toleranzbereich

Bei dem vergrößerten Toleranzbereich betrug die Überlebensrate der Patienten mit „gutem Gurt“ nun 83,33%, bei Patienten mit außerhalb liegendem Gurt 100%. Es ergab sich durch die Vergrößerung des Toleranzbereiches kein Vorteil für die Patienten mit „gut anliegendem Gurt“, daher bleiben wir in dieser Studie bei dem von Anfang an bestimmten Toleranzbereich von 3 cm um die Ideallinie.

Die mittlere **Dauer des stationären Aufenthalts** in allen Gruppen betrug 24,65 Tage ($\sigma=14,73$). Die Dauer war mit 37,57 Tagen in der Gruppe 4 tendenziell am längsten. In Gruppe 1 blieben Patienten durchschnittlich 23,42 Tage, in Gruppe 2 blieben sie 25,43 Tage und in Gruppe 3 blieben sie 21,44 Tage im Krankenhaus. Damit war der Aufenthalt bei Patienten ohne Beckengurt tendenziell am kürzesten. Der Kruskal-Wallis-Test zeigte einen signifikanten Gruppenunterschied ($p=0,032$) an. Im Vergleich der Untergruppen zeigten sich dann die signifikanten Unterschiede nach Man-Whitney-Test jeweils zwischen der Gruppe 4 gegenüber Gruppe 1 ($p=0,009$) und Gruppe 3 ($p=0,011$). Damit waren Patienten, die einen Beckengurt im Schockraum angelegt bekamen signifikant länger im Krankenhaus als Patienten, die ohne Beckengurt blieben, sowie länger als Patienten, bei denen der Beckengurt den wissenschaftlichen Vorgaben entsprechend angelegt wurde.

Die Dauer des stationären Aufenthalts korreliert signifikant positiv mit dem ISS ($p=0,0002$), negativ mit systolischem Blutdruck im Schockraum ($p=0,012$) und Hb bei Aufnahme ($p=0,001$) und positiv mit dem ASA ($p=0,0005$).

Die Anzahl der **Nächte auf Intensivstation** betrug insgesamt durchschnittlich 10,77 Nächte($\sigma=14,83$). Hier hatte Gruppe 4 mit 26,14 Nächten auch die längste Dauer. Patienten in Gruppe 1 blieben im Durchschnitt 9,08 Nächte, Patienten aus Gruppe 2 verbrachten 10,29 Nächte und Patienten der Gruppe 3 7,78 Nächte auf der Intensivstation. Nach Kruskal-Wallis-Test gab es einen signifikanten Unterschied ($p=0,007$). Die Einzelvergleiche nach Man-Whitney zeigten, dass Patienten mit Beckengurtanlage im Schockraum signifikant mehr Nächte intensivpflichtig blieben als alle anderen (Gruppe 1 vs. Gruppe 4, $p=0,004$; Gruppe 2 vs. Gruppe 4, $p=0,02$; Gruppe 3 vs. Gruppe 4, $p=0,003$). Dieser Outcome-Parameter korrelierte nach Spearman-Test signifikant positiv mit ISS ($p=3,3E-07$) und HF am Unfallort ($p=0,036$), negativ mit systolischem RR am Unfallort ($p=0,018$), positiv mit Höhe der Volumengabe im Schockraum ($p=0,001$), negativ mit Systolischem RR im Schockraum ($p=0,0002$) und Hb bei Aufnahme ($p=2,96E-05$) und positiv mit ASA ($p=0,0002$).

Bei der **Dauer der Katecholaminpflichtigkeit** hatte Gruppe 4 mit 10 Tagen im Mittel auch die höchste Dauer. Patienten aus Gruppe 1 waren im Mittelwert 6,33 Tage, Patienten aus Gruppe 2 4,64 Tage und Patienten aus Gruppe 3 2,27 Tage katecholaminpflichtig. Insgesamt bekamen Patienten mit instabilen Beckenringverletzungen durchschnittlich 4,58 Tage lang Katecholamine. Mit einem P-Wert von 0,024 nach Kruskal-Wallis-Test gab es hier ebenfalls signifikante Gruppenunterschiede. Der Man-Whitney-Test zeigte im Einzelvergleich einen Unterschied zwischen jeweils Gruppe 4 gegenüber Gruppe 2 ($p=0,02$) und Gruppe 3 ($p=0,003$). Die Dauer der Katecholamingabe korrelierte positiv mit ISS ($p=4,7E-06$), negativ mit systolischem RR am Unfallort ($p=0,001$) und im Schockraum ($p=0,017$) sowie Hb bei Aufnahme ($p=4,2E-11$) und positiv mit ASA ($p=4,3E-08$) (Spearman-Korrelation).

Die stationäre Dauer, Dauer des Intensivaufenthalt und Dauer der Katecholaminpflichtigkeit korrelierten jeweils hoch signifikant positiv miteinander ($p<0,0001$, Spearman).

Weiter wurde der Bedarf an Transfusionen verglichen. Insgesamt benötigten die Patienten durchschnittlich 4,03 Erythrozytenkonzentrate (EK, $\sigma=6,2$). Mit 2,12 EK benötigten Patienten aus Gruppe 3 die wenigsten, es folgten Patienten aus Gruppe 2 mit 3,27 EK und Gruppe 1 mit 5,87 EK. Mit einer Anzahl von 9,88 benötigten Patienten aus Gruppe 4 die meisten EK. Der Kruskal-Wallis-Test zeigte mit einem p-Wert von 0,038 signifikante Gruppenunterschiede an. Nach Vergleich der Untergruppen mit Man-Whitney-Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied nur zwischen Gruppe 3 und Gruppe 4 ($p=0,005$). Demnach wurden also Patienten, die erst im Schockraum mit einem Beckengurt versorgt wurden, signifikant mehr EK transfundiert als anderen Patienten, die ohne Beckengurt in den Schockraum kamen und auch ohne Beckengurt blieben. Die Gabe von EK korrelierte

positiv mit ISS ($p=0,00006$), negativ mit systolischem RR am Unfallort ($p=0,008$) und Hb bei Aufnahme ($p=1,6E-07$) und positiv mit dem ASA des Patienten ($p=0,0001$).

Durchschnittlich wurden unseren Patienten 2,43 gefrorene Frischplasmen (GFP, $\sigma=5,38$) transfundiert. Patienten aus Gruppe 1 erhielten im Schnitt 4,73 GFP, Patienten aus Gruppe bekamen 2,0 GFP, in Gruppe 3 waren es 0,73 und in Gruppe 4 die höchste Anzahl von 5,75 GFP. Auch hier zeigte sich ein signifikanter Gruppenunterschied ($p=0,018$, Kruskal-Walis). Der Man-Whitney-Test zeigte, dass nur Gruppe 3 und 4 sich signifikant unterschieden ($p=0,001$). Somit bekamen Patienten, die erst im Schockraum mit einem Beckengurt versorgt wurden, signifikant mehr GFP transfundiert als anderen Patienten, die ohne Beckengurt in den Schockraum kamen und auch ohne Beckengurt blieben. Die Gabe von GFP korrelierte positiv mit ISS ($p=0,00009$), negativ mit systolischem RR am Unfallort ($p=0,007$) und im Schockraum ($p=0,024$), positiv mit der Volumengabe im Schockraum ($p=0,0003$), negativ mit dem Hb bei Aufnahme ($p=0,0002$) und positiv mit dem ASA des Patienten ($p=0,0002$).

Die Gabe von Thrombozytenkonzentraten (TK) betrug im Durchschnitt 0,36 TK ($\sigma=0,89$). Die meisten TK bekamen Patienten aus Gruppe 1 (0,73 TK), die wenigsten Patienten aus Gruppe 2 (0,13 TK). Patienten aus Gruppe 3 erhielten durchschnittlich 0,25 und Patienten aus Gruppe 4 0,5 TK. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,238$, Kruskal-Walis-Test). Die Gabe von TK korrelierte positiv mit ISS ($p=0,005$), Volumengabe im Schockraum ($p=0,017$), negativ mit dem Hb bei Aufnahme ($p=0,001$) und positiv mit ASA ($p=0,005$). Die Transfusion von EK, GFP und TK korrelierten jeweils positiv und hochsignifikant miteinander ($p<0,001$, Spearman-Test). Zur Übersicht werden die Korrelationen zwischen Outcome-Parametern und Einflussfaktoren nachstehend abgebildet:

Outcome - Parameter	Korrelierende Einflussfaktoren		
	Hoch signifikant ($p\leq 0,001$)	Sehr signifikant ($p\leq 0,01$)	Signifikant ($p\leq 0,05$)
Überleben	ISS	ASA	HF und systolischer RR im Schockraum, Hb, Volumen NAW
Stationäre Dauer	ISS, ASA, Hb		Systolischer RR im Schockraum

Intensivdauer	ISS, Hb, ASA, Syst. RR im Schockraum,		HF und systolischer RR am Unfallort
Dauer Katecholamine	ISS, Hb, ASA,	systolischer RR am Unfallort	Systolischer RR im Schockraum
EK transfundiert	ISS, Hb, ASA	Systolischer RR am Unfallort	
GFP transfundiert	ISS, Volumen im Schockraum, Hb, ASA	Systolischer RR am Unfallort	Systolischer RR im Schockraum
TK transfundiert		ISS, ASA, Hb	Volumen im Schockraum

Tabelle 3: Signifikante Einflussfaktoren auf die Outcome-Parameter

3.2.3 Vergleich möglicher Einflussfaktoren

In diesem Abschnitt sollen die Einflussparameter Alter, ISS, präklinische Zeit, Time to CT, HF und systolischer RR am Unfallort und im Schockraum, Volumengabe durch den Rettungsdienst und im Schockraum, der erste Hb und der ASA-Wert der Patienten nach den verschiedenen oben beschriebenen Gruppen verglichen werden. Es wird statistisch untersucht, ob sich signifikante Unterschiede oder Korrelationen finden. Hierfür wird der Chi-Quadrat-Test für Normalverteilte Variablen genutzt, für nicht Normalverteilte Variablen der Kruskal-Wallis-Test.

Zur Übersicht werden die Mittelwerte nachstehend tabellarisch dargestellt.

Einflussparameter	Alle	Gruppe 1 Beckengurt innerhalb „Idealbereich“	Gruppe 2 Beckengurt außerhalb „Idealbereich“	Gruppe 3 Kein Beckengurt	Gruppe 4 Beckengurt durch UCH im Schockraum	p-Wert
Alter (Jahre)	52,76 ($\sigma=24,36$)	48,27 ($\sigma=23,97$)	40,13 ($\sigma=15,82$)	61,85 ($\sigma=25,11$)	47,38 ($\sigma=24,35$)	0,18
ISS	23,72 ($\sigma=14,78$)	23,8 ($\sigma=16,16$)	21,67 ($\sigma=13,02$)	21,87 ($\sigma=12,99$)	36,14 ($\sigma=9,86$)	0,247
Präklinische Zeit (min)	64,79 ($\sigma=30,06$)	73,42 ($\sigma=30,74$)	63,1 ($\sigma=21,85$)	58,67 ($\sigma=27,62$)	74,83 ($\sigma=47,77$)	0,565
Time to CT (min)	23,45 ($\sigma=13,54$)	19,64 ($\sigma=7,8$)	37,33 ($\sigma=18,93$)	19,57 ($\sigma=9,89$)	19,5 ($\sigma=6,0$)	0,011
HF Unfallort (bpm)	91,00 ($\sigma=24,56$)	93,42 ($\sigma=23,57$)	101,64 ($\sigma=21,18$)	79,8 ($\sigma=23,81$)	106,6 ($\sigma=22,09$)	0,49

Systolischer RR Unfallort (mmHg)	119,57 ($\sigma=27,49$)	115 ($\sigma=18,57$)	116,2 ($\sigma=20,61$)	133,11 ($\sigma=29,16$)	94,86 ($\sigma=26,08$)	0,143
Volumen NAW (ml)	991,3 ($\sigma=571,38$)	1204,17 ($\sigma=625,39$)	966,67 ($\sigma=545,44$)	800,0 ($\sigma=455,04$)	1150,0 ($\sigma=719,38$)	0,349
HF Schockraum (bpm)	91,32 ($\sigma=23,52$)	90,29 ($\sigma=25,8$)	97,53 ($\sigma=23,65$)	87,84 ($\sigma=22,5$)	95,38 ($\sigma=24,83$)	0,482
Systolischer RR Schockraum (mmHg)	130,07 ($\sigma=31,15$)	124,5 ($\sigma=34,11$)	126,13 ($\sigma=21,46$)	138,53 ($\sigma=31,96$)	113,38 ($\sigma=32,86$)	0,68
Volumen im Schockraum (ml)	1092,73($\sigma=687,28$)	1096,36 ($\sigma=695,8$)	1216,0 ($\sigma=652,09$)	800,0 ($\sigma=455,13$)	1482,5 ($\sigma=932,67$)	0,106
Erster Hb (g/dl)	11,71 ($\sigma=2,27$)	11,81 ($\sigma=1,87$)	12,18 ($\sigma=2,34$)	12,07 ($\sigma=2,15$)	9,19 ($\sigma=1,97$)	0,469
ASA	3,03 ($\sigma=1,1$)	2,67 ($\sigma=1,29$)	2,79 ($\sigma=1,05$)	3,09 ($\sigma=1,01$)	3,88 ($\sigma=0,84$)	0,083

Tabelle 4: Vergleich der Einflussfaktoren nach Gruppen

Das durchschnittliche **Alter** der untersuchten Patienten betrug 52,76 Jahre ($\sigma=24,36$). Patienten aus Gruppe 2 waren mit 48,71 Jahren tendenziell am jüngsten, Patienten aus Gruppe 3 mit 61,85 Jahren am ältesten. In Gruppe 1 lag das Durchschnittsalter bei 48,27 Jahren, in Gruppe 4 bei 47,38 Patienten. Nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson zeigte sich kein signifikanter Gruppenunterschied ($p=0,18$). Das Alter korrelierte mit keinem der oben beschriebenen Outcome-Parameter signifikant., dafür negativ mit der HF am Unfallort ($p=0,036$) und positiv mit systolischem RR im Schockraum ($p=0,004$)

Der mittlere Verletzungsschwere lag bei einem **ISS** von 23,72 ($\sigma=14,78$). Patienten die den Beckengurt erst im Schockraum angelegt bekamen, waren mit einem ISS von 36,14 schwerer verletzt. Patienten mit suboptimal angelegtem Beckengurt waren leichter verletzt (ISS=21,67), dann folgten Patienten, die ohne Beckengurt blieben (ISS=21,87) und schließlich Patienten mit „korrekt“ angelegtem Beckengurt (ISS=23,8). Trotz des hohen Abstandes zu Gruppe 4 zeigte sich statistisch kein signifikanter Unterschied (Kruskal-Wallis, $p=0,247$). Der ISS korrelierte nach Spearman-Test signifikant positiv mit ASA ($p=3,7E-06$) und Herzfrequenz im Schockraum ($p=0,038$), negativ mit systolischem RR am Unfallort ($p=0,023$) und im Schockraum ($p=0,002$), sowie dem Hb bei Aufnahme ($p=0,00004$). Die Gabe von EK ($p=0,00006$), GFP ($p=0,00009$) und TK ($p=0,005$) korrelierten positiv mit dem ISS. Das Überleben korrelierte hoch signifikant und negativ mit dem ISS

($p=0,0002$), ebenso wie die Dauer des stationären Aufenthalts ($p=0,0002$), des Aufenthalts auf Intensivstation ($p=3,2E-07$) und der Katecholaminpflichtigkeit ($p=4,7E-06$).

Die **präklinische Zeit** von der Alarmierung des Rettungsdienstes bis zur Übergabe an das Schockraumteam im Krankenhaus betrug im Mittel 64,79 Minuten ($\sigma=30,06$). Gruppe 3 hatte mit 58,76 Minuten die kürzere Dauer, dann folgten Patienten aus Gruppe 2 mit 63,1 Minuten und Gruppe 1 mit 73,42 Minuten. Schließlich dauerte die präklinische Zeit bei Patienten aus Gruppe 4 mit 74,83 Minuten tendenziell am längsten. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p=0,565$, Kruskal-Wallis). Die präklinische Zeit korrelierte mit keiner der anderen Variablen signifikant.

Die durchschnittliche **Time to CT**, also von Übergabe im Schockraum bis zum Beginn der radiologischen Diagnostik, betrug 23,45 Minuten. Die längste Dauer fand sich in Gruppe 2 mit 37,33 Minuten. Die anderen Gruppen lagen dicht beieinander mit 19,64 Minuten in Gruppe 1, 19,57 min in Gruppe 3 und 19,5 Minuten in Gruppe 4. Der Kruskal-Wallis-Test zeigte signifikante Gruppenunterschiede an ($p=0,011$). Nach Einzeltests zeigten sich signifikante Unterschiede jeweils zwischen Gruppe 2 gegenüber Gruppe 1 ($p=0,005$) und Gruppe 3 ($p=0,003$). Also verbrachten Patienten, bei denen der Gurt nicht entsprechend den definierten Vorgaben angelegt war, signifikant mehr Zeit mit der Behandlung im Schockraum als Patienten mit „richtig“ angelegtem Gurt oder ohne Gurt. Time to CT korrelierte mit der HF im Schockraum ($p=0,046$) positiv.

Am **Unfallort** wurde bei den Patienten eine durchschnittliche **Herzfrequenz** von 91,0 bpm ($\sigma=24,56$) festgestellt. Bei Patienten aus Gruppe 4 war die HF mit 106,6 bpm höher, dann folgten Patienten aus Gruppe 2 mit 101,64 bpm und Gruppe 1 mit 93,42. Schließlich hatten Patienten aus Gruppe 3 die niedrigere HF mit 79,8 bpm. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson zeigte keine signifikanten Unterschiede auf ($p=0,49$). Die HF am Unfallort korrelierte negativ mit dem Alter ($p=0,014$), positiv mit der HF im Schockraum ($p=0,008$), und positiv mit der Dauer des Aufenthalts auf Intensivstation ($p=0,036$).

Der **Systolischer RR am Unfallort** betrug im Mittel 119,57 mmHg ($\sigma=27,49$). Patienten aus Gruppe 4 hatten einen niedrigeren RR mit 94,86 mmHg, dann folgten Patienten aus Gruppe 1 mit 115 mmHg und Patienten aus Gruppe 2 mit 116,2 mmHg. Patienten aus Gruppe 3 hatten mit 133,11 mmHg einen höheren Blutdruck. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,49$, Chi-Quadrat-Test nach Pearson). Der systolische RR am Unfallort korrelierte negativ mit dem ISS ($p=0,023$), der Gabe von EK ($p=0,008$) und GFP ($p=0,007$), der Dauer des stationären Aufenthalts ($p=0,046$), des Aufenthalts auf Intensivstation ($p=0,018$) und der Katecholaminpflichtigkeit ($p=0,001$).

Der **Rettungsdienst** gab durchschnittlich 991,30 ml Flüssigkeits**volumen** ($\sigma=571,38$). Tendenziell das meiste Volumen erhielten Patienten aus Gruppe 1 mit 1204,17 ml, dann

folgten Patienten aus Gruppe 4 mit 1150,0 ml und Patienten aus Gruppe 2 mit 966,67 ml. Weniger Volumen bekamen die Patienten aus Gruppe 3 mit 800ml. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ($p=0,349$, Kruskal-Wallis-Test). Das vom Rettungsdienst gegebene Volumen korrelierte positiv im dem ISS ($p=0,022$), negativ mit dem systolischen RR im Schockraum ($p=0,0003$), dem Hb bei Aufnahme ($p=0,033$) und dem Überleben ($p=0,031$), positiv mit dem ASA des Patienten ($p=0,015$).

Die **Herzfrequenz im Schockraum** betrug im Mittel 91,32 bpm ($\sigma=23,52$). Die höhere Frequenz fand sich in Gruppe 2 mit 97,53 bpm. Die tendenziell niedrigste Frequenz fand sich bei Patienten aus Gruppe 3 mit 87,84%. Patienten aus Gruppe 4 hatten im Mittel eine HF von 95,38 bpm, Patienten aus Gruppe 1 von 90,20 bpm. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen wurde nicht gefunden ($p=0,482$, Chi-Quadrat nach Pearson). Die HF im Schockraum korrelierte positiv mit den Parametern ISS ($p=0,038$, HF am Unfallort ($p=0,008$), time to CT ($p=0,046$), negativ mit systolischem RR im Schockraum ($p=0,03$) und dem Überleben ($p=0,023$).

Der Systolische RR im Schockraum betrug im Mittel 130,07 mmHg ($\sigma=31,51$). Patienten der Gruppe 4 hatten im Mittel einen eher niedrigen Blutdruck von 113,38 mmHg. Patienten aus Gruppe 3 zeigten einen höheren RR mit 138,53 mmHg. In Gruppe 1 hatten die Patienten im Mittel einen systolischen Blutdruck von 124,5 mmHg und in Gruppe 2 von 126,13. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant ($p=0,68$, Chi-Quadrat-Test nach Pearson). Der systolische Blutdruck im Schockraum korrelierte positiv mit dem Alter des Patienten ($p=0,006$), negativ mit dem ISS ($p=0,002$), negativ mit der Höhe der Volumengabe durch den Rettungsdienst ($p=0,015$) sowie der Gabe von GFP ($p=0,024$), positiv mit dem Überleben ($p=0,020$) und negativ mit der Dauer des stationären Aufenthalts ($p=0,012$), des Aufenthalts auf Intensivstation ($p=0,0002$), der Dauer der Katecholaminpflichtigkeit ($p=0,017$) und dem ASA ($p=0,037$).

Die Höhe der **Volumengabe im Schockraum** betrug im Mittel 1092,73 ml ($\sigma=687,28$ ml). Patienten der Gruppe 3 erhielten im Mittel 800,0 ml, mehr Volumen bekamen Patienten der Gruppe 4 mit 1482,5 ml verabreicht. Patienten aus Gruppe 1 bekamen im Mittel 1096,73 ml und Patienten aus Gruppe 2 1216,0ml Flüssigkeit. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant ($p=0,106$, Kruskal-Wallis-Test). Der Spearman-Test zeigte positive Korrelationen zur Anzahl der gegebenen GFP ($p=0,0003$) und TK ($p=0,017$), Dauer des Aufenthalts auf Intensivstation ($p=0,001$) und dem ASA ($p=0,014$).

Der durchschnittliche **Hb bei Aufnahme** ins Krankenhaus betrug 11,71 g/dl ($\sigma=2,27$ g/dl). Der tendenziell niedrigste Hb fand sich in Gruppe 4 mit 9,188 g/dl. Patienten aus Gruppe 2 hatten den tendenziell höchsten Hb von 12,18 g/dl. In Gruppe 1 betrug der Hb im Mittel

11,81 g/dl, in Gruppe 3 waren es 12,07 g/dl. Ein statistisch signifikanter Unterschied lag nicht vor ($p=0,469$, Chi-Quadrat-Test).

Der Hb korrelierte negativ mit dem ISS ($p=0,00004$). Somit zeigt sich ein höherer Blutverlust bei den schwerer Verletzten Patienten. Weiter korreliert der Hb negativ mit und der Höhe der Volumengabe durch den Rettungsdienst ($p=0,033$), positiv mit systolischem RR im Schockraum ($p=0,015$), negativ mit der Gabe von EK ($p=1,6E-07$), GFP ($p=0,0002$), TK ($p=0,001$), positiv mit dem Überleben ($p=0,022$) und negativ mit der Dauer des stationären Aufenthalts ($p=0,0008$), des Aufenthalts auf Intensiv ($p=0,000003$), der Dauer der Katecholaminpflichtigkeit ($p=4,2E-11$) und dem ASA ($p=0,00008$). Patienten mit niedrigerem Hb zeigten einen niedrigeren systolischen Blutdruck und erhielten mehr EK, GFP und TK. Patienten mit einem höheren Hb hatten eine höhere Überlebensrate, erhielten einen besseren ASA-Wert, benötigten eine kürzere Behandlungsdauer auf Intensivstation und insgesamt und waren weniger lange katecholaminpflichtig.

Der **ASA** (American Society of Anaesthesiologists: Physical Status) der untersuchten Patienten betrug im Mittel 3,03 ($\sigma=1,1$). Einen niedrigeren ASA-Wert mit 2,67 hatten Patienten der Gruppe 1, gefolgt von Patienten der Gruppe 2 mit einem ASA von 2,79 und Patienten der Gruppe 3 mit 3,09. Den höheren ASA-Wert bekamen Patienten der Gruppe 4 mit durchschnittlich 3,88 zugeordnet. Ein statistisch signifikanter Unterschied lag nicht vor ($p=0,083$). Der zugeordnete ASA-Wert unserer Patienten korrelierte positiv mit dem ISS ($p=3,7E-06$), der Volumengabe durch den Rettungsdienst ($p=0,015$), der Volumengabe im Schockraum ($p=0,014$), negativ mit systolischem RR im Schockraum ($p=0,037$), dem Hb bei Aufnahme ($p=0,00008$), positiv mit der Gabe von EK ($p=0,0001$), GFP ($p=0,0002$), TK ($p=0,006$), negativ mit dem Überleben ($p=0,006$), und wieder positiv mit der Dauer des stationären Aufenthalts ($p=0,0005$), des Aufenthalts auf Intensivstation ($p=0,0002$) und der Katecholaminpflichtigkeit ($p=4,3E-08$).

Die bestehenden Korrelationen werden nachfolgend tabellarisch wiedergegeben:

Einflussparameter	Korrelierende Einflussfaktoren		
	Hoch signifikant ($p \leq 0,001$)	Sehr signifikant ($p \leq 0,01$)	Signifikant ($p \leq 0,05$)
Alter	-	Systolischer RR im Schockraum	HF am Unfallort
ISS	Überleben, Dauer stationär, Intensivdauer,	systolischer RR im Schockraum, TK	HF im Schockraum, systolischer RR am Unfallort

	Dauer Katecholaminpflicht, ASA, Hb, EK, GFP		
Präklin. Zeit	-	-	-
Time to CT	-	-	HF im Schockraum
HF am Unfallort	-	HF im Schockraum, Systolischer RR im Schockraum	Dauer auf Intensivstation, Alter,
Systolischer RR am Unfallort	-	Aufenthalt auf Intensiv, EK, GFP, Dauer Katecholamingabe	Dauer stationärer Aufenthalt, ISS
Volumen durch NAW	Systolischer RR im Schockraum		Überleben, Hb, ISS, systolischer RR Schockraum, ASA
HF im Schockraum	-	HF am Unfallort	Überleben, Time to CT, ISS, systolischer RR im Schockraum,
Systolischer RR im Schockraum	Dauer Intensiv-Aufenthalt, Volumen NAW	ISS, Alter, HF am Unfallort	Überleben, GFP, Dauer stationär, Hb, HF im Schockraum, Dauer Katecholamine, ASA
Volumengabe Schockraum	GFP	Dauer Intensiv-Aufenthalt	TK, Volumen NAW, ASA
Hb bei Aufnahme	Dauer des stationären und Intensivaufenthalts und der Katecholaminpflicht, EK, GFP, ISS, ASA	TK, Volumen NAW	Systolischer RR, Schockraum, Überleben
ASA	ISS, Hb, Dauer stationär und Intensiv, Katecholamine, EK, GFP	TK, Überleben	Volumen NAW und SR, Systolischer RR Schockraum

Tabelle 5: Korrelationen der Einflussfaktoren

3.2.4. Vergleich mit den zusammengefassten Daten von Gruppen 3+4

Diese Arbeit stellt die Frage nach der präklinischen Anlage des Beckengurtes. Diese erfolgte in Gruppe 3 und in Gruppe 4 nicht. Zwischen den beiden Gruppen zeigten sich viele signifikante als auch tendenzielle Unterschiede. Daher wurden die Daten dieser beiden Gruppen noch einmal zusammengefasst (gepoolt) mit den anderen beiden Gruppen verglichen. Die statistische Testung wurde für die Überlebensrate, Dauer der Krankenhausbehandlungen, Transfusionen, Volumengaben, präklinische Zeit, Time to CT, ISS und ASA mit dem Man-Whitney-Test durchgeführt. Die normalverteilten und metrischen Parameter Alter, Herzfrequenzen, Blutdrücke und Hb bei Aufnahme wurden mittels Chi-Quadrat-Test nach Pearson verglichen.

Es folgt eine Tabelle mit den Mittelwerten in der Übersicht:

Outcome- Oder Einflussparameter	Alle	Gruppe 1 Beckengurt innerhalb „Idealbereich “	Gruppe 2 Beckengurt außerhalb „Idealbereich“	Gruppe 3 + 4 kein präklinischer Beckengurt	p-Wert
Überlebensrate	84,5%	80% ($\sigma=41,4\%$)	93,3% ($\sigma=25,8$)	82,9% ($\sigma=38,1\%$)	0,553
Dauer stationärer Aufenthalt (Tage)	24,65	23,42 Tage ($\sigma=17,22$)	25,43 Tage ($\sigma=11,14$)	24,76($\sigma=5,47$)	0,630
Nächte auf Intensivstation	10,77	9,08 ($\sigma=20,9$)	10,29 ($\sigma=9,24$)	11,56($\sigma=14,57$)	0,399
Tage Katecholamin- pflichtig	4,58	6,33 ($\sigma=19,49$)	4,64 ($\sigma=6,81$)	3,91 ($\sigma=6,75$)	0,539
EKs transfundiert	4,03	5,87 ($\sigma=9,35$)	3,27 ($\sigma=3,83$)	3,63 ($\sigma=5,47$)	0,791
GFP transfundiert	2,43	4,73 ($\sigma=9,45$)	2,00 ($\sigma=3,21$)	1,73($\sigma=3,58$)	0,744
TKs transfundiert	0,36	0,73 ($\sigma=1,58$)	0,13 ($\sigma=0,352$)	0,30 ($\sigma=0,61$)	0,552
Alter (Jahre)	52,76	48,27 ($\sigma=23,97$)	40,13 ($\sigma=15,82$)	59,02 ($\sigma=25,33$)	0,313
ISS	23,72	23,8($\sigma=16,16$)	21,67 ($\sigma=13,02$)	24,5($\sigma=15,17$)	0,815
Präklinische Zeit (min)	64,79	73,42 ($\sigma=30,74$)	63,1 ($\sigma=21,85$)	61,9($\sigma=32,28$)	0,449
Time to CT (min)	23,45	19,64 ($\sigma=7,8$)	37,33 ($\sigma=18,93$)	19,55($\sigma=8,88$)	0,004
HF Unfallort (bpm)	91,00	93,42 ($\sigma=23,57$)	101,64 ($\sigma=21,18$)	85,16($\sigma=25,49$)	0,525
Systolischer RR Unfallort (mmHg)	119,57	115 ($\sigma=18,574$)	116,2 ($\sigma=20,61$)	122,81($\sigma=32,78$)	0,402

Volumen NAW (ml)	991,3	1204,17 ($\sigma=625,39$)	966,67 ($\sigma=545,44$)	898,00 ($\sigma=549,33$)	0,334
HF Schockraum (bpm)	91,32	90,29 ($\sigma=25,8$)	97,53 ($\sigma=23,65$)	89,35($\sigma=22,86$)	0,679
Systolischer RR Schockraum (mmHg)	130,07	124,5 ($\sigma=34,11$)	126,13 ($\sigma=21,46$)	133,5($\sigma=33,31$)	0,502
Volumen im Schockraum (ml)	1092,73	1096,36 ($\sigma=695,8$)	1216,0 ($\sigma=652,09$)	1037,39 ($\sigma=720,46$)	0,510
Erster Hb (g/dl)	11,71	11,807 ($\sigma=1,89$)	12,18 ($\sigma=2,34$)	11,51($\sigma=2,39$)	0,310
ASA	3,03	2,67($\sigma=1,29$)	2,79($\sigma=1,05$)	3,24($\sigma=1,02$)	0,169

Tabelle 6: Vergleich von Outcome-Parametern und Einflussfaktoren bei gepoolter Gruppe ohne präklinischen Beckengurt

Durch die Zusammenführung von Gruppe 3 und Gruppe 4 ergeben sich keine neuen statistisch bedeutenden Unterschiede. Der Unterschied in der „Time to CT“ ergibt sich wie schon vorher aus dem Unterschied der Gruppe 2 zu den anderen (Gruppen.1 vs.2, $p=0,005$; Gruppen. 2vs. 3 $p=0,002$, Man-Whitney-Test).

Tendenziell waren Patienten der neu zusammengeführten Gruppe „ohne präklinischen Gurt“ gegenüber den Patienten, die einen Gurt durch den Rettungsdienst bekamen, älter und schwerer verletzt, kamen mit niedrigerem Hb und erhielten eine höhere ASA-Zuordnung. Sie zeigten am Unfallort und im Schockraum jedoch tendenziell einen höheren Blutdruck und niedrigere Herzfrequenzen und erhielten (vermutlich genau deswegen) am wenigsten Volumen durch Rettungsdienst und Schockraumteam. Insgesamt verbrachte diese Gruppe tendenziell die meisten Tage auf der Intensivstation, wobei die Katecholaminpflichtigkeit kürzer andauerte und am wenigsten GFP und TK gegeben wurden. Die beschriebenen Unterschiede sind statistisch nicht markant.

4. Diskussion der Ergebnisse

Bei den untersuchten Patienten, die einen Beckengurt angelegt bekamen, wurde der Gurt in 57% mittig auf Höhe der großen Trochanteren positioniert. Bei Patienten mit instabiler Beckenringfraktur lag der Gurt in 50% in entsprechender Höhe. Häufiger lagen die Gurte zu weit kranial als kaudal. Damit bestätigt unsere Studie die Ergebnisse von Jansen et al. (2018), die an einem kleineren Patientenkollektiv ($n=67$) feststellte, dass die Beckengurte häufig nicht den wissenschaftlichen Angaben entsprechend angelegt werden. Auch die größer angelegte Studie von Williamson et al. mit 496 eingeschlossenen Patienten zeigte eine optimale Gurτανlage nur 56,5% (Williamson et al., 2020) und stimmt damit mit den erhobenen Daten überein.

Weiter erhielten 58% der Patienten mit instabilen Beckenringverletzungen keinen Gurt durch den Rettungsdienst. Andersherum waren von den Patienten, die einen Beckengurt angelegt bekamen, nur 28% mit einer instabilen Beckenringfraktur verletzt. Auch die Indikation aus hämodynamischer Instabilität traf nicht häufig zu (in 17,4% Blutdruck ≤ 90 mmHg, in 28% Schockindex ≥ 1). Die Gurte werden also bei bestehenden Indikationen häufig nicht angelegt und in anderen Fällen anscheinend ohne bestehende Indikation. Diese besteht bei hämodynamisch instabilen Patienten mit dem Verdacht einer Beckenringverletzung, im Zweifel jedoch bei allen schweren stumpfen Verletzungen in Verbindung mit hämodynamischer Instabilität. Es scheint Schulungsbedarf für den Rettungsdienst hinsichtlich der korrekten Positionierung und der Indikationsstellung zu bestehen. Dieses Ergebnis wird von einer retrospektiven Studie aus der Schweiz bestätigt, in der die Häufigkeit und Qualität der Anlage von Beckengurten bei Beckenringfrakturen untersucht wurde (Kuner et al., 2021).

Bevor die Ergebnisse der Vergleiche diskutiert werden, sollen zunächst die Korrelationen genauer betrachtet werden, da sich die erhobenen Einflussfaktoren unabhängig von der Frage nach dem Beckengurt auf die Outcome-Parameter auswirken.

Als wichtigster Einflussfaktor auf das Outcome unserer Patienten zeigt sich der ISS mit hoch signifikantem Einfluss auf das Überleben, die Dauer des stationären Aufenthalts sowie auf der Intensivstation und der Dauer der Katecholaminpflichtigkeit, sowie ASA-Klassifikation, den Hämoglobinwert und transfundierten Erythrozytenkonzentrate und Gabe von gefrorenem Frischplasma. Der ISS ist ein Score, der 1974 von Susan Baker entwickelt wurde, um den Schweregrad der Verletzungen bei Mehrfachverletzten zu erfassen und errechnet sich aus Punktzahlen für verschiedenen Verletzungsgrade in den anatomischen Bereichen Kopf/Nacken, Gesicht, Abdomen/Beckenorgane, Extremitäten/Beckengürtel und Weichteilen. Die Höhe der Punktzahl korrelierte nach ihren Ergebnissen mit der Letalität der Verletzungen (Baker et al., 1974). Dieses Ergebnis lässt sich mit den hier erhobenen Daten hoch signifikant bestätigen: Je höher der ISS, also umso schwerer die Patienten verletzt waren, desto niedriger war auch die Überlebensrate. Schwerer verletzte Patienten blieben ebenfalls länger katecholamin- und intensivpflichtig und benötigten einen längeren Aufenthalt im Krankenhaus, bis sie entlassen werden konnten. Mit der Schwere der Verletzung sank der zuerst gemessene Hämoglobinwert, was sich durch einen erhöhten Blutverlust oder eine Verdünnung durch eine hohe Volumengabe erklärt. Dieser hat zur Folge, dass mehr Transfusionsbedarf besteht und mehr EK und GFP gegeben werden.

Weiter korrelierte der ISS hoch signifikant mit dem systolischen RR im Schockraum und die Gabe von TKs. Je schwerer der Grad der Verletzung war, desto niedriger was also der Blutdruck im Schockraum und umso mehr TKs wurden gegeben. Dies zeigt ebenso, dass

bei schwereren Verletzungen ein höherer Blutverlust entsteht, der sich auf den Kreislauf auswirkt. Es kann aber auch ein Verdünnungseffekt durch die Gabe von viel Volumen vorliegen. Die Gabe von TKs ist ebenso wie die Transfusion von EK und GFP als sinnvolle Gegenmaßnahme auf einen Blutverlust zu verstehen.

Außerdem korreliert der ISS signifikant mit der Herzfrequenz im Schockraum sowie dem systolischen RR am Unfallort. Je schwerer die Patienten verletzt waren, desto höher war die Herzfrequenz im Schockraum und umso niedriger der Blutdruck, was ebenfalls die hämodynamische Problematik beim Schwerverletzten anzeigt.

Dazu passend zeigen die vorliegenden Daten einen hoch signifikanten Zusammenhang des Hb-Wertes bei Aufnahme mit der Dauer des stationären und Intensiv-Aufenthalts sowie der Katecholaminpflichtigkeit, Gabe von EK, GFP, sowie ISS und ASA, sehr signifikant für TK und Volumengabe durch den Rettungsdienst. Bei niedrigerem Hb, bedingt durch den Blutverlust aus den Verletzungen, benötigten die Patienten eine längere und intensivere Behandlung und aufgrund des Verlustes mehr Volumen und Blutprodukte.

Zudem korrelierte der Hb signifikant positiv mit dem systolischen RR im Schockraum, was den Volumenmangel durch Blutverlust weiter belegt. Auch das Überleben korrelierte signifikant positiv mit dem Hb, das heißt je niedriger der Hämoglobinwert war, umso eher verstarben die Patienten. Dies weist daraufhin, dass für Patienten mit Beckenringfrakturen der Blutverlust die größte Gefahr darstellt. Smith et al. konnten ein ähnliches Ergebnis in einer Studie an hämodynamisch instabilen Patienten mit Beckenringfrakturen ebenfalls belegen. Bei ihren Patienten war Blutverlust die häufigste Ursache für ein Versterben innerhalb der ersten 24 h und eine hoher Transfusionsbedarf war hoch signifikant mit einer höheren Mortalität assoziiert (vgl. Smith et al. (2007)).

Auch der ASA des Patienten zeigte hohe Korrelationen mit vielen der von uns erhobenen Parametern.

Die ASA-Kategorisierung wurde entwickelt, um den präoperativen physischen Zustand von Patienten zu beschreiben, also die patientenbezogenen Voraussetzungen, unter denen eine Operation durchgeführt wird. In den Wert fließen sowohl die Grundvoraussetzungen wie Vorerkrankungen, als auch aktuelle Verletzungen oder Infektionen ein. Der ASA hat einen prädiktiven Charakter hinsichtlich der perioperativen Letalität und Morbidität, wobei ein hoher Wert für einen schlechteren Zustand und ein höheres Risiko steht (Irlbeck et al., 2017). Dementsprechend war auch bei den untersuchten Patienten der ASA umso höher, je höher der ISS und damit umso schwerer der Patient verletzt war. Der ASA spiegelt also den aktuellen Verletzungsstatus des Patienten wider. Je höher der ASA, umso länger blieben Patienten stationär, intensiv- und katecholaminpflichtig, benötigten mehr

Transfusionen und Volumen. Analog zur Beschreibung in der Literatur war ein hoher ASA ebenfalls mit einer höheren Letalität verknüpft.

Je mehr EK gegeben wurden, desto mehr TK und auch umso mehr GFP erhielten unsere Patienten. Dieser Zusammenhang erklärt sich durch die gemeinsame Indikation zu den verschiedenen Transfusionen. Bei akutem hohem Blutverlust wird die Gabe von EK empfohlen, um eine Anämie zu verhindern und damit die globale Sauerstoffversorgung aufrecht zu erhalten, die Gabe von TK und GFP wird empfohlen, um die Gerinnung aufrecht zu erhalten und eine mögliche Verbrauchskoagulopathie zu verhindern bzw. zu therapieren. Als Trigger für die Transfusionen dienen die Laborparameter Hämoglobinwert, die Thrombozytenzahl und Gerinnung sowie klinische Symptome, die auf eine anämische Hypoxie hinweisen (vgl. Bundesärztekammer (2020)). Wenn man davon ausgeht, dass hier leitliniengerecht vorgegangen wird, kann die Gabe von EK, GFP und TK auch als indirektes Maß für den Blutverlust betrachtet werden.

Die Herzfrequenz am Unfallort und im Schockraum sowie der systolische Blutdruck im Schockraum korrelieren jeweils miteinander. Je höher der festgestellte Puls am Unfallort war, desto höher war die Herzfrequenz weiterhin im Schockraum und umso niedriger war der Blutdruck im Schockraum. Dies ist durch die oben in Kapitel 1.3.4. beschriebene Reaktion des Körpers auf einen Blut- oder Volumenverlust zu erklären, der für das Absinken des Blutdrucks und das Ansteigen der Herzfrequenz verantwortlich ist. Der Blutdruck am Unfallort stand nicht in einer signifikanten Korrelation, was möglicherweise dadurch zu erklären ist, dass sich der Blutverlust in sehr kurzer Zeit nach dem Unfall noch nicht auf die Perfusionsverhältnisse ausgewirkt hat.

Nach den deutschen Leitlinien zur Schwerverletztenbehandlung wird für einen aktiv blutenden erwachsenen Patienten eine permissive Hypotension von 90 mmHg systolisch angestrebt, bei begleitendem Schädel-Hirn-Trauma ein mittlerer arterieller Druck von 85-90mmHg (DGU, 2016). In unserer Studie zeigt sich ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen der Volumengabe durch den Rettungsdienst und den systolischen Blutdruck im Schockraum. Dabei war der gemessene Druck umso niedriger, je mehr Volumen auf der Anfahrt substituiert wurde. Hier ist davon auszugehen, dass die erhöhte Volumengabe als therapeutische Maßnahme auf den sinkenden Blutdruck des Verletzten durch seinen verletzungsbedingten Blutverlust zu werten ist. Passend dazu findet sich korrelierend ein höherer ISS, niedrigerer Hb, und eine niedrigere Überlebensrate, je niedriger der systolischen RR im Schockraum gemessen wurde. Dies belegt eine schwerere Verletzung verbunden mit erhöhtem Blutverlust.

Für die Time to CT, also die Dauer von Eintreffen im Schockraum bis zur Durchführung der radiologischen Primärdiagnostik, findet sich eine einzige statistisch signifikante Korrelation:

Je höher der Puls im Schockraum war, umso länger war auch die Zeit in der Primärversorgung. Es ist anzunehmen, dass die primäre Stabilisierung des Patienten mit erhöhter Herzfrequenz mehr Zeit in Anspruch nimmt. Der Zusammenhang ist jedoch mit einem P-Wert von 0,046 an der Grenze dazu, als signifikant zu gelten. Hier ist anzumerken, dass sich bei in einem 2- σ -Intervall (also 95%) in einem Abgleich von 19 Parametern durchaus zufällige Korrelationen finden können.

Das Alter der Patienten spielte in unserer Studie für das Outcome der Patienten keine signifikante Rolle.

Die präklinische Zeit korreliert mit keinem der hier erfassten Parameter und spielt daher in dieser Studie ebenfalls keine Rolle für das Outcome der eingeschlossenen Patienten. Mit einer durchschnittlichen Zeit von 64,79 Minuten liegt die präklinische Dauer des vorhandenen Patientenkollektivs im Vergleich dicht am Mittelwert der vom TraumaRegister der DGU erfassten Einsätze in den Jahren 2015-2017. In Hamburg lag die Dauer im Durchschnitt bei 68,3 Minuten und deutschlandweit bei 60 Minuten. Dennoch stellt sich die Frage, warum es von der Alarmierung der Rettungskräfte bis zur Übergabe im Schockraum so lange dauert. Die Stadt Hamburg regelt die Hilfsfrist für den Rettungsdienst nicht gesetzlich, rechnet jedoch mit einer Planungsgrundlage von 8-10 Minuten für die Dauer von der Alarmierung bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes am Einsatzort. Diese Zeit liegt unter den teilweise gesetzlichen vorgegebenen Fristen anderer Bundesländer von 10-15 Minuten und kann in 66% der Einsätze eingehalten werden (Bürgerschaft_der_freien_und_Hansestadt_Hamburg, 2017). Somit dauert vom Eintreffen am Unfallort bis zur Übergabe im Schockraum noch über 50 Minuten. Im Weissbuch der Schwerverletztenversorgung beschreibt die DGU eine Erreichbarkeit einer zertifizierten Klinik innerhalb von 30 Minuten als eine wesentliche Anforderung (DGU, 2019). Diese wird also bisher bedingt erfüllt. Wertvolle Zeit scheint entweder am Unfallort selbst oder während des Transportes zum Klinikum verloren zu gehen.

Erwartungsgemäß korrelierten die Dauern der Katecholaminpflichtigkeit, Intensivpflichtigkeit und des stationären Aufenthaltes jeweils hoch signifikant miteinander, denn die Katecholamine werden auf Intensivstation gegeben und die Behandlung auf Intensivstation ist in der Dauer des stationären Aufenthaltes mit inbegriffen.

Unter den vier oben gegenübergestellten Vergleichsgruppen fällt die Gruppe der Patienten, die erst im Schockraum einen Beckengurt angelegt bekamen, besonders auf (Gruppe 4). Hier fanden sich die schwierigsten Ausgangsbedingungen mit dem höchsten ISS, dem höchsten HF am Unfallort und den niedrigsten Blutdruckwerten am Unfallort und im Schockraum sowie dem niedrigsten Hb bei Aufnahme ins Krankenhaus und höchsten ASA-Wert. Demnach waren diese Patienten am schwersten verletzt, zeigten am ehesten

Anzeichen hypovolämischen Kreislaufschocks oder der hämodynamischen Instabilität und verloren vermutlich das meiste Blut durch ihre Verletzungen. Diese Werte korrelierten wie oben beschrieben stark mit allen Outcome-Parametern. Obwohl die Gruppenunterschiede aufgrund der kleinen Anzahl an Patienten in Gruppe 4 nicht signifikant sind, ist hier eine deutliche Tendenz abzulesen. Bei den Outcome-Parameter hebt sich diese Gruppe signifikant von den anderen ab. So verweilen die Patienten dieser Gruppe signifikant länger im Krankenhaus und auf Intensivstation und haben einen signifikant längeren Bedarf an Katecholaminen, sowie mehr Bedarf an Transfusionen von EK und GFP. Die verspätete Anlage des Beckengurtes könnte einen Einfluss auf den erhöhten Transfusionsbedarf und längeren Behandlungsbedarf gehabt haben. Eine Kausalität lässt sich hier nicht nachweisen, da sich die Gruppe hinsichtlich der schwierigeren Ausgangsbedingungen von den anderen Gruppen unterscheidet. Berger-Gorch et al. kamen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass die Anlage eines Beckengurtes ein Indikator für einen kritischen Patienten mit einer erhöhten Mortalität war. Sie verglichen anhand von Daten aus dem TraumaRegister der DGU retrospektiv 1103 Patienten mit schweren Beckentrauma (Berger-Gorch et al., 2021). Dieses Ergebnis wird durch unsere vorliegenden Daten aus Gruppe 4 zumindest für die präklinische Indikationsstellung bestätigt.

Einen Gegensatz zu dieser Gruppe stellen die Patienten, die ebenfalls präklinisch keinen Gurt erhielten, jedoch auch ohne Beckengurt blieben (Gruppe 3) dar. Sie hatten die niedrigsten Herzfrequenzen und die höchsten Blutdrücke an Unfallort und im Schockraum, was für einen stabilen Kreislauf spricht. Die Dauer des stationären und Intensiv-Aufenthalts sowie der Katecholaminpflichtigkeit war bei diesen Patienten am geringsten, ebenso wurden am wenigsten EK und GFP benötigt.

Signifikante Unterschiede bei den Outcome-Parametern sind nicht mehr nachzuweisen, wenn man alle Patienten ohne präklinische Gurtanlage (also aus Gruppe 3 + 4) zu einer Gruppe zusammenfasst. Hier scheint demnach eine Selektion durch die Indikationsstellung des Schockraumteams zu erfolgen. Schwerer Verletzte und hämodynamisch instabilere Patienten bekamen dann zur primären Stabilisierung den Beckengurt doch noch von dem Unfallchirurgen oder der Unfallchirurgin im Schockraum angelegt. Diese Umstände entsprechen den oben beschriebenen Indikationen für die Anlage. Es stellt sich hier die Frage, warum der Beckengurt bei genau diesen Patienten vom Rettungsdienst nicht angelegt wurde, denn ein schwerer Verletzungsgrad, eine hohe Herzfrequenz und ein niedriger Blutdruck zeigten sich schon am Unfallort.

Aus unserer Studie ergaben sich keine signifikanten Effekte für das Outcome des Patienten durch die korrekte Positionierung des Beckengurtes, weder gegenüber Patienten mit nicht ideal angelegtem Beckengurt noch gegenüber Patienten ohne Beckengurt. Unerwartet

hatten Patienten mit „korrekt“ positioniertem Beckengurt mit einer Rate von 80% die niedrigste Überlebensrate, wenn auch nicht signifikant. In Bezug auf die Mortalität lässt sich jedoch keine positive Tendenz durch eine „ideale Anlage“ des Beckengurtes ablesen. Patienten der Gruppe 1 waren zwar etwas schwerer verletzt mit einem mittleren ISS von 23,8 und hatten einen niedrigeren Hb sowie niedrigeren Blutdruck im Schockraum als Patienten der Gruppen 2 und 3. Demgegenüber lagen bei Patienten der Gruppe 4 noch deutlich schlechtere Bedingungen bei den eben genannten Parametern vor, wenn gleich die Überlebensrate hier mit 87,5% höher lag. Die Unterschiede der Überlebensraten sind jedoch mit einem hohen p-Wert von 0,719 nicht als signifikant zu werten, so dass man für die niedrige Überlebensrate in Gruppe 1 einen Zufall annehmen kann. Eine mögliche Verbesserung der Überlebensrate durch die korrekte Anlage eines Beckengurtes scheint jedoch in Frage gestellt.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine retrospektive Studie von Agri et al. welche über sieben Jahre alle Patienten mit einer instabilen Beckenfraktur Tile B1, B3 oder C einschloss. Zwischen den Patienten mit Beckengurt und ohne Beckengurt konnte kein Unterschied hinsichtlich der 48-Stunden-Mortalität und der 30-Tages-Mortalität gefunden werden (Agri et al., 2017). Auch Schweigkofler et al. (2019) konnten keinen „blut-sparenden“ Effekt oder anderweitigen Vorteil für die Überlebensrate ihrer Patienten der „Beckengurtgruppe“ finden. Sie untersuchten in einer prospektiven Studie den Effekt der präklinischen Beckengurtanlage an 64 Patienten mit instabilen Beckenringfrakturen und verglichen in dieser die Patienten mit präklinisch angelegten Beckengurt gegenüber denen, welche ohne Beckengurt eingeliefert wurden.

Auch in der Studie von Berger et al. mit einer hohen Fallzahl von 1103 Patienten mit relevantem Beckentrauma, zeigte die Anlage des Beckengurtes keinen Einfluss auf die Mortalität und konnte den Transfusionsbedarf nicht senken. Die Autoren nutzten hier retrospektiv Daten aus dem Deutschen TraumaRegister von 2015-2016. In ihrer Studie erhielten 41% der eingeschlossenen Patienten den Beckengurt angelegt. (Berger-Groch et al., 2021)

Die drei beschriebenen Studien schließen die Qualität der Beckengurtversorgung nicht mit ein. Wenn man jedoch davon ausgeht, dass - wie in unserer Studie und den von Williamson et al. erhobenen Daten (Williamson et al., 2020) - doch etwas mehr als die Hälfte der Patienten den Gurt korrekt positioniert angelegt erhält, hätte sich trotzdem ein zumindest kleiner positiver Effekt nachweisen lassen müssen.

Somit steht die Effektivität einer präklinischen externen Beckenstabilisierung eher in Frage.

Jedoch kam eine weitere Studie an einem Traumazentrum in Taiwan zu einem anderen Ergebnis. Hier wurde ein neuer Behandlungsalgorithmus eingeführt, bei dem

Notfallpatienten mit bestimmten Kriterien bereits vor der Diagnostik im Schockraum ein Beckengurt angelegt wurde. Als Vergleichskohorte diente eine historische Kontrollgruppe, bei der die Beckengurtanlage erst nach gesicherter Beckenringfraktur erfolgt war. Die Patienten der Fallgruppe hatten einen kürzeren Krankenhaus- und Intensivaufenthalt, der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Das transfundierte Blutvolumen war jedoch signifikant niedriger in der früher versorgten Gruppe (Hsu et al., 2017). Somit ergibt sich aus dieser Studie der Beleg für einen positiven Effekt auf die Hämodynamik durch die Beckengurtanlage. Allerdings muss bedacht werden, dass der Vergleich mit einer historischen Gruppe einen möglichen Confounder darstellt, da sich, bis auf den neuen Algorithmus, viele weitere Einflussfaktoren verändert haben könnten. So ist es zum Beispiel möglich, dass sich in der Zwischenzeit das Regime für die Durchführung von Transfusionen geändert hat und man diese zurückhaltender einsetzt. Weiter können auch Team-, Umwelt- und Organisationsfaktoren eine wichtige Rolle für den Behandlungserfolg spielen und als Confounder aufgetreten sein.

Ein weiteres Traumazentrum in Dallas führte ein neues Protokoll ein, das eine frühe Anlage eines Beckengurtes und bei Blutungen eine unverzügliche Angioembolisation vorsah. In den Jahren nach Einführung dieses Algorithmus sank die Mortalität bei Beckenfrakturen von 12,5% auf 11%. Dieses Ergebnis war nicht signifikant, jedoch waren die Patienten in der Interventionsgruppe signifikant schwerer verletzt, so dass der Effekt deswegen möglicherweise geringer erscheint. Die Verbesserung einer bestimmten Intervention zuzuordnen ist jedoch nicht möglich. Zudem kam es bei allen Schwerverletzten zu einer sinkenden Mortalität aufgrund der verbesserten Trauma-Versorgung (ISS 19,1 vs. 22,7) (Black et al., 2016). Wie auch oben beschrieben bieten die historischen Vergleichsgruppen die Möglichkeit für eine Reihe von weiteren Einflussfaktoren und die Verbesserung kann nicht nachweislich dem Beckengurt zugeordnet werden.

Eine neuere Studie aus Schweden beschäftigte sich ebenfalls mit dem Effekt aus der korrekten Lage von Beckengurten. Hier wurde anhand von dreidimensionalen Trauma-CTs und das Outcome von Patienten mit korrekter Anlage gegenüber inkorrekt angelegter Anlage verglichen. Als Ergebnis wurde eine Senkung der 30-Tages-Mortalität durch die korrekte Anlage festgestellt, von 17% auf 9,3%. Diese war jedoch statistisch nicht signifikant (Bakhshayesh et al., 2019).

Insgesamt lässt sich also sagen, dass sich ein positiver Effekt aus unseren Daten nicht und aus der bestehenden Literatur nicht sicher belegen lässt.

Die erfasste Mortalität von 15,5% entspricht den im Teil 1.3.3. beschriebenen in Studien erfassten Mortalitäten ab dem Jahr 2000 (zwischen 8 und 20 %). Das deutsche Beckenregister beschreibt mit 5% zwar eine wesentlich niedrigere Todesrate (Hauschild et

al., 2008), jedoch ist zu bedenken, dass in der vorliegenden Studie nur instabile Beckenringfrakturen vom Typ Tile B oder C erfasst wurden, welche mit niedrigerem Überleben assoziiert sind. Da zwischen den genauen Frakturtypen und zusätzlichen Weichteilschäden (komplexe Beckenringfrakturen) nicht weiter unterschieden wurde, ist hier ein direkter Vergleich zu den oben angeführten Studien nicht möglich.

Hinsichtlich der weiteren Outcome-Parameter Dauer des stationären Aufenthalts, Anzahl der Nächte auf Intensivstation, Dauer der Katecholaminpflichtigkeit sowie der transfundierten EKs, GFPs und TKs ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Patienten mit präklinisch „gut“ angelegtem und „schlecht“ angelegtem Gurt. Patienten aus der Gruppe mit „gut“ liegendem Gurt hielten sich etwas weniger Tage auf der Intensivstation und im Krankenhaus auf, obwohl sie tendenziell länger katecholaminpflichtig waren und mehr Transfusionen benötigten.

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede durch die präklinisch „gute“ oder „schlechte Anlage“ gegenüber der zusammengefassten Gruppe ohne präklinischen Beckengurt. Demnach lässt sich aus unseren Daten keine Verbesserung der Patienten durch die Anlage am Unfallort ableiten.

Bei der „Time to CT“, also der Zeit von Aufnahme im Schockraum bis zur Verlegung ins CT findet sich ein signifikanter Unterschied der Gruppe, bei der der Gurt präklinisch außerhalb des definierten „Idealbereiches“ angelegt war (Gruppe 2), gegenüber der allen anderen Gruppen. Die Dauer bis zum CT wird von der DGU als Indikator der Prozessqualität in der Schwerstverletztenversorgung betrachtet und sollte möglichst kurz sein, damit nach der primären Versorgung weitere therapeutische Schritte eingeleitet werden können ((DGU) et al., 2017). Am UKE wird intern ein Zeitraum von maximal 20 Minuten für die Erstmaßnahmen angestrebt (UKE, 2016). Die Gruppen unserer Patienten mit korrekt anliegendem Beckengurt und der Patienten ohne präklinischen Beckengurt liegen mit durchschnittlich knapp unter 20 Minuten innerhalb des gewünschten Rahmens. Die Patienten aus der eben genannte Gruppe 2 verbringen mit durchschnittlich 37 Minuten fast doppelt so viel Zeit in der Primärversorgung. Es lässt sich vermuten, dass bei einem schlecht anliegenden Gurt ein unerfahreneres oder ungeschultes Traumateteam oder Team des Rettungsdienstes tätig ist, welches auch für die Übergaben und Algorithmen im Schockraum mehr Zeit benötigt.

Die vorliegenden Daten können insgesamt keinen Benefit aus einer präklinischen, guten Beckengurtanlage bei instabilen Beckenringfrakturen belegen. Ein möglicher Effekt ist durch unsere Daten jedoch nicht ausgeschlossen. In der Literatur finden sich andere Studien, die einen Vorteil ebenfalls nicht sicher belegen, aber zumindest für eine Verbesserung der hämodynamischen Situation des Patienten sprechen.

Weiter ergeben sich wie in Kapitel 1.1 beschrieben kaum Nachteile oder Komplikationen durch eine Beckengurtnanlage, wenn die Kontraindikationen und Belasstdauer beachtet werden und die radiologische Diagnostik umsichtig erfolgt. Eine indikationsgerechte Anwendung sollte daher im Sinne des Patienten weiterhin empfohlen werden, bis die Wirksamkeit oder Unwirksamkeit signifikant nachgewiesen werden können.

5. Limitationen und Begrenzungen der Studie

Zu den Begrenzungen dieser Studie gehört das retrospektive Design. Auch bei über 1200 Patienten bleiben die eingeschlossenen Fallzahlen von 108 Patienten mit angelegten Beckengurten und 71 Patienten mit instabilen Beckenringverletzungen niedrig. Wie oben genannt ist eine instabile Beckenringverletzung jedoch eine der selteneren Verletzungen und für eine höhere Fallzahl würde eine multizentrische Studie benötigt werden.

In dieser Studie wurde nicht unterschieden, ob der Tod eines Patienten durch die Beckenringfraktur verursacht oder mit einer anderen Ursache (z.B. Hirnblutung) assoziiert war.

Wie schon in Kapitel 1.5. beschrieben, wird eine ideale Komprimierung des verletzten Beckens bei einem angelegten Druck von 180 N erreicht. Eine davon abweichende Krafteinwirkung kann zu einer nicht ausreichenden oder zu einer zu massiven Komprimierung führen. Der angelegte Druck konnte in unserer Studie retrospektiv nicht überprüft werden. Daher ist es möglich, dass sich auch hier durch Unterschiede in der Anwendung Auswirkungen auf unsere Patienten ergaben.

Für einen Nachweis der Auswirkungen präklinischen Anlage eines Beckengurtes sind daher weitere, größere Studien nötig, die ebenfalls die Qualität der Anlage des Gurtes mit einbeziehen.

6. Schlussfolgerung

In dieser Studie zeigt sich, dass Beckengurte trotz bestehender Indikation präklinisch häufig (58% bei instabilen Beckenringverletzungen) nicht angelegt werden. Bei erfolgter Anlage von Beckengurten entspricht die Lage außerdem häufig (in 43%) nicht der - nach wissenschaftlichen Erkenntnissen notwendigen – Lage auf Höhe der großen Trochanteren, um eine Kompression des intrapelvinen Volumens zu erzielen. Hier lässt sich ableiten, dass im Rettungsdienst Schulungsbedarf hinsichtlich der Indikation zur Anlage und der Handhabung besteht.

Aus den vorliegenden Daten lässt sich aus einer präklinisch „idealen“ Beckengurτανlage gegenüber einer „schlechten“ Anlage für den Patienten keine Verbesserung für die Situation des Patienten nachweisen. Es bleibt also unklar, ob eine korrekte Anlage den Blutverlust eindämmen und das Überleben der Patienten mit instabilen Beckenringfrakturen verbessern kann.

Ebenso wenig kann ein Effekt gegenüber Patienten ohne präklinische Beckengurτανlage nachgewiesen werden.

Ein möglicher Effekt durch die präklinische Beckenstabilisierung kann durch die vorliegenden Daten jedoch nicht ausgeschlossen werden. Da es sich bei richtiger Anwendung um ein sicheres Hilfsmittel im Rettungsdienst handelt, empfehlen wir weitere Anwendung auch ohne den Beweis eines positiven Effektes. Die sichere Handhabung und die Vermittlung von Kontraindikationen sollte Teil der empfohlenen Schulungen sein.

Es sind weitere, größere, möglichst prospektive Studien nötig, die ebenfalls die korrekte Handhabung des Beckengurtes beachten, um zu evaluieren, ob sich aus der Beckengurτανlage ein Vorteil für den verletzten Patienten ergibt.

7. Zusammenfassung

Einleitung:

Der Beckengurt ist ein mechanisches Hilfsmittel, um bei instabilen Beckenringfrakturen das intrapelvine Volumen zu verkleinern und damit intrapelvinen Blutverlust verringern. Die präklinische Anlage wird bei Verdacht auf eine instabile Beckenringverletzung und einem „C-Problem“ des Patienten empfohlen. Die Effektivität ist jedoch kaum belegt.

Material und Methoden:

Zwischen 2014 und 2018 wurden 1207 Traumapatienten eines Level-1-Trauma Zentrums retrospektiv in Hinblick auf instabile Beckenringfrakturen und Beckengurte evaluiert. Es fanden sich 108 Patienten mit anliegendem Gurt. Die korrekte Angabe wurde anhand der CT-Aufnahme geprüft. Es wurden vier Gruppen gebildet: Gruppe 1 mit korrekt anliegendem Beckengurt, Gruppe 2 mit inkorrekt angelegtem Beckengurt, Gruppe 3 ohne Beckengurt, Gruppe 4 mit Beckengurtanlage im Schockraum.

Als Parameter wurden ISS, Patientenalter, präklinische Dauer, Time to CT, Herzfrequenz und systolischer Blutdruck, Hämoglobinwert bei Eintreffen, Überlebensrate, Gabe von Blutprodukten sowie die Dauer des stationären und intensivstationären Aufenthalts erhoben.

Ergebnisse:

43% der Beckengurte wurden nicht wie empfohlen, auf Höhe der großen Trochanteren, angelegt. 30 Patienten (28%) erlitten eine instabile Beckenringfraktur. Die Überlebensrate wurde nicht durch die präklinische Anlage eines Beckengurtes beeinflusst (80% Gruppe 1 vs. 82,9% Gruppe 3+4, $p=0,553$). Es zeigte sich kein statistischer Unterschied bei der Dauer des intensivstationären Aufenthalts (9,08 Gruppe 1 vs 11,56 Gruppe 3+4, $p=0,399$), gesamten stationären Aufenthalts (23,42 Gruppe 1 vs. 24,76 Gruppe 3+4, $p=0,630$) Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (5,87 Gruppe 1 vs. 3,63 Gruppe 3+4, $p=0,791$), und ISS (23,8 Gruppe 1 vs. 24,5 Gruppe 3+4, $p=0,815$).

Diskussion:

Die korrekte Indikation und Anlage von Beckengurten scheint präklinisch weiterhin Schwierigkeiten zu bereiten. Während die Minimierung des Blutverlustes für einen Patienten mit stabiler Beckenringfraktur entscheidend ist, hat unser Patientenkollektiv nicht vom Beckengurt als Hilfsmittel profitiert. Die Überlebensrate wurde durch eine korrekte Anlage nicht verbessert. ISS bleibt der stärkste Prädiktor für das Patientenüberleben bei einer traumatischen Beckenverletzung.

Introduction:

The pelvic binder is a mechanical device designed to compress instable pelvic ring fractures and minimize dead space to limit blood loss. It is generally recommended to apply a pelvic binder if an unstable injury is suspected and the patient presents with a „C-problem“. The effectiveness remains questionable though.

Material & methods:

A total of 1207 trauma patients between 2014 and 2018 were retrospectively evaluated regarding instable pelvic injuries. 108 patients were admitted with a pelvic binder applied. The correct application was evaluated using CT scout. Four groups were generated: Group 1 with correct pelvic binder application, group 2 with incorrect placement, group 3 with no pelvic binder at time of admission, group 4 with pelvic binder applied in ER.

Total outcome was determined based upon ISS, age, preclinical time, time to CT, shock index, hemoglobin at admission, survival rate, administration of blood products as well as total hospital and ICU days.

Results:

43% of all pelvic binders were applied incorrectly. 30 patients (28%) suffered an instable pelvic fracture. Patient survival was not influenced by the preclinical application of a pelvic binder (80% group 1 vs. 82,9% group 3+4, $p=0,553$). No significant statistical difference was found for total ICU days (9,08 group 1 vs. 11,56 group 3+4, $p=0,399$), total hospital days (23,42 group 1 vs. 24,76 group 3+4, $p=0,630$), RBC transfusion (5,87 group 1 vs. 3,63 group 3+4, $p=0,791$), and ISS (23,8 group 1 vs. 24,5 group 3+4, $p=0,815$).

Discussion:

The correct application of a pelvic binder seems to pose problems preclinically. While the need to minimize blood loss is crucial, our collective did not benefit from this device. Survival rates of the patients that suffered an instable pelvic fracture were not affected from correct placed pelvic binder placement. The ISS remains the strongest predictor of total patient survival in pelvic trauma.

8. Abkürzungsverzeichnis

ACS	American College of Surgeons
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ASA	American Society of Anesthesiologists: Physical Status
bpm	Beats per Minute = Herzschläge pro Minute
CT	Computertomograph/ie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
EK	Erythrozytenkonzentrat(e)
GFP	Gefrorenes Frischplasma/(en)
Hb	Hämoglobin-Wert
HF	Herzfrequenz
ISS	Injury Severity Score
N	Newton
NAW	Notarzwagen
NAEMT	National Association of Emergency Medical Technicians
NICE	National Institute for Health and Care Excellence
ORIF	Open reduction internal fixation (offene Frakturreeponierung und interne Fixierung)
OTA	Orthopedic Trauma Association
RR	Blutdruck (Riva-Rocci)
TK	Thrombozytenkonzentrat(e)
TPOD	Trauma Pelvic Orthotic Device

9. Literaturverzeichnis

- (ACS), A. C. O. S.-C. O. T. 2015. *Advanced Trauma Life Support Program (ATLS)*, ACS.
- (DGU), D. G. F. U., SEKTION INTENSIV- & NOTFALLMEDIZIN, S. N. & GMBH, U. A.-A. D. U. 2017. Jahresbericht 2017 für den Zeitraum bis Ende 2016.
- AGRI, F., BOURGEAT, M., BECCE, F., MOERENHOUT, K., PASQUIER, M., BORENS, O., YERSIN, B., DEMARTINES, N. & ZINGG, T. 2017. Association of pelvic fracture patterns, pelvic binder use and arterial angio-embolization with transfusion requirements and mortality rates; a 7-year retrospective cohort study. *BMC Surg*, 17, 104.
- AO FOUNDATION, O. T. A. 2018. Fracture and Dislocation Classification Compendium. *Journal of Orthopedic Trauma*, 32.
- AUSTON, D. A. & SIMPSON, B. R. 2015. Initial Treatment of "Pelvic Injuries" with Commercially Available Pelvic Binders Results in Displacement of Acetabular Fractures: A Report of Three Cases. *JBJS Case Connect*, 5, e20-e4.
- BAKER, S. P., O'NEILL, B., HADDON, W., JR. & LONG, W. B. 1974. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*, 14, 187-96.
- BAKSHAYESH, P., RISLING, D. H. & ENOCSON, A. 2019. Three Dimensional Quality Assessments of Applied Pelvic Binders. *Bull Emerg Trauma*, 7, 156-161.
- BERGER-GROCH, J., RUEGER, J. M., CZORLICH, P., FROSCH, K. H., LEFERING, R., HOFFMANN, M. & TRAUMA REGISTER, D. G. U. 2021. Evaluation of Pelvic Circular Compression Devices in Severely Injured Trauma Patients with Pelvic Fractures. *Prehosp Emerg Care*, 1-9.
- BLACK, S. R., SATHY, A. K., JO, C., WILEY, M. R., MINEI, J. P. & STARR, A. J. 2016. Improved Survival After Pelvic Fracture: 13-Year Experience at a Single Trauma Center Using a Multidisciplinary Institutional Protocol. *J Orthop Trauma*, 30, 22-8.
- BONNER, T. J., EARDLEY, W. G., NEWELL, N., MASOUROS, S., MATTHEWS, J. J., GIBB, I. & CLASPER, J. C. 2011. Accurate placement of a pelvic binder improves reduction of unstable fractures of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Br*, 93, 1524-8.
- BOTTLANG, M., KRIEG, J. C., MOHR, M., SIMPSON, T. S. & MADEY, S. M. 2002a. Emergent management of pelvic ring fractures with use of circumferential compression. *J Bone Joint Surg Am*, 84-A Suppl 2, 43-7.
- BOTTLANG, M., SIMPSON, T., SIGG, J., KRIEG, J. C., MADEY, S. M. & LONG, W. B. 2002b. Noninvasive reduction of open-book pelvic fractures by circumferential compression. *J Orthop Trauma*, 16, 367-73.
- BUNDESÄRZTEKAMMER, W. B. D. 2020. Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten, Gesamtnovelle 2020 –Herausgegeben von der Bundesärztekammer auf Empfehlung ihres Wissenschaftlichen Beirats; überarbeitete Auflage. *Deutscher Ärzte-Verlag, Köln*.
- BÜRGERSCHAFT_DER_FREIEN_UND_HANSESTADT_HAMBURG 2017. Drucksache 21/9999. *Schriftliche Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Wieland Schinnenburg und Carl-Edgar Jarchow (FDP) vom 01.08.17 und Antwort des Senats*

- BURKHARDT, M., NIENABER, U., PIZANIS, A., MAEGELE, M., CULEMANN, U., BOUILLON, B., FLOHE, S., POHLEMANN, T., PAFFRATH, T., TRAUMAREGISTER, D. G. U. & GERMAN PELVIC INJURY REGISTER OF THE DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR, U. 2012. Acute management and outcome of multiple trauma patients with pelvic disruptions. *Crit Care*, 16, R163.
- CROCE, M. A., MAGNOTTI, L. J., SAVAGE, S. A., WOOD, G. W., 2ND & FABIAN, T. C. 2007. Emergent pelvic fixation in patients with exsanguinating pelvic fractures. *J Am Coll Surg*, 204, 935-9; discussion 940-2.
- DGU 2019. *Weißbuch Schwerverletztenversorgung - Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletztenversorgung in der Bundesrepublik Deutschland*.
- DGU, D. G. F. U. 2016. *S3-Leitlinie "Polytrauma/Schwerstverletzenbehandlung"* [Online]. Berlin. Available: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html> [Accessed 07.04.2019 2019].
- DREIZIN, D., BODANAPALLY, U., MASCARENHAS, D., O'TOOLE, R. V., TIRADA, N., ISSA, G. & NASCONE, J. 2018. Quantitative MDCT assessment of binder effects after pelvic ring disruptions using segmented pelvic haematoma volumes and multiplanar caliper measurements. *Eur Radiol*, 28, 3953-3962.
- EASTRIDGE, B. J., STARR, A., MINEI, J. P., O'KEEFE, G. E. & SCALEA, T. M. 2002. The importance of fracture pattern in guiding therapeutic decision-making in patients with hemorrhagic shock and pelvic ring disruptions. *J Trauma*, 53, 446-50; discussion 450-1.
- FITZGERALD, M., ESSER, M., RUSS, M., MATHEW, J., VARMA, D., WILKINSON, A., MANNAMBETH, R. V., SMIT, D., BERNARD, S. & MITRA, B. 2017. Pelvic trauma mortality reduced by integrated trauma care. *Emerg Med Australas*, 29, 444-449.
- FLEITER, N., REIMERTZ, C., LUSTENBERGER, T., SCHWEIGKOFER, U., MARZI, I., HOFFMANN, R. & WALCHER, F. 2012. [Importance of the correct placement of the pelvic binder for stabilisation of haemodynamically compromised patients]. *Z Orthop Unfall*, 150, 627-9.
- FLETCHER, J., YERIMAH, G. & DATTA, G. 2016. The False Security of Pelvic Binders: 2 Cases of Missed Injuries due to Anatomical Reduction. *J Orthop Case Rep*, 6, 44-7.
- HAUSCHILD, O., STROHM, P. C., CULEMANN, U., POHLEMANN, T., SUEDEKAMP, N. P., KOESTLER, W. & SCHMAL, H. 2008. Mortality in patients with pelvic fractures: results from the German pelvic injury register. *J Trauma*, 64, 449-55.
- HSU, S. D., CHEN, C. J., CHOU, Y. C., WANG, S. H. & CHAN, D. C. 2017. Effect of Early Pelvic Binder Use in the Emergency Management of Suspected Pelvic Trauma: A Retrospective Cohort Study. *Int J Environ Res Public Health*, 14.
- IRLBECK, T., ZWISSLER, B. & BAUER, A. 2017. [ASA classification : Transition in the course of time and depiction in the literature]. *Anaesthesist*, 66, 5-10.
- JANSEN, G., HEFKE, T., WITTENBERG, G., VORDEMVENNE, T. & MERTZLUFFT, F. 2018. [Positioning of external pelvic stabilization devices in patients with multiple injuries : Retrospective computed tomographic evaluation]. *Anaesthesist*, 67, 837-849.

- KLINKE, R. 2014. Physiologie. Hrsg.: Hans-Christian Pape, Armin Kurtz, Stefan Silbernagl. Thieme, Stuttgart.
- KNOPS, S. P., SCHEP, N. W., SPOOR, C. W., VAN RIEL, M. P., SPANJERSBERG, W. R., KLEINRENSINK, G. J., VAN LIESHOUT, E. M., PATKA, P. & SCHIPPER, I. B. 2011. Comparison of three different pelvic circumferential compression devices: a biomechanical cadaver study. *J Bone Joint Surg Am*, 93, 230-40.
- KRIEG, J. C., MOHR, M., ELLIS, T. J., SIMPSON, T. S., MADEY, S. M. & BOTTLANG, M. 2005a. Emergent stabilization of pelvic ring injuries by controlled circumferential compression: a clinical trial. *J Trauma*, 59, 659-64.
- KRIEG, J. C., MOHR, M., MIRZA, A. J. & BOTTLANG, M. 2005b. Pelvic circumferential compression in the presence of soft-tissue injuries: a case report. *J Trauma*, 59, 470-2.
- KUNER, V., VAN VEELLEN, N., STUDER, S., VAN DE WALL, B., FORNARO, J., STICKEL, M., KNOBE, M., BABST, R., BEERES, F. J. P. & LINK, B. C. 2021. Application of Pelvic Circumferential Compression Devices in Pelvic Ring Fractures-Are Guidelines Followed in Daily Practice? *J Clin Med*, 10.
- LOGGERS, S. A. I., KOEDAM, T. W. A., GIANNAKOPOULOS, G. F., VANDEWALLE, E., ERWTEMAN, M. & ZUIDEMA, W. P. 2017. Definition of hemodynamic stability in blunt trauma patients: a systematic review and assessment amongst Dutch trauma team members. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 43, 823-833.
- LUSTENBERGER, T., WALCHER, F., LEFERING, R., SCHWEIGKOFER, U., WYEN, H., MARZI, I., WUTZLER, S. & TRAUMAREGISTER, D. G. U. 2016. The Reliability of the Pre-hospital Physical Examination of the Pelvis: A Retrospective, Multicenter Study. *World J Surg*, 40, 3073-3079.
- LYNDON W.MASON, D. E., BOYCE, PALLISTER 2009. Catastrophic myonecrosis following circumferential pelvic binding after massive crush injury: A case report. *Injury Extra*, 40, 84-86.
- MEDICAL, P. 2019a. *TPOD Responder* [Online]. Available: <http://www.pyng.com/products/t-podresponder/> [Accessed].
- MEDICAL, S. 2019b. *SAM Pelvic Sling* [Online]. Available: <https://www.sammedical.com/products/pelvic-sling> [Accessed].
- NAEMT 2016. *Präklinisches Traumamanagement*, München, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
- NASEEM, H., NESBITT, P. D., SPROTT, D. C. & CLAYSON, A. 2018. An assessment of pelvic binder placement at a UK major trauma centre. *Ann R Coll Surg Engl*, 100, 101-105.
- NICE, N. C. G. C. 2016. *Major trauma: assessment and initial management* [Online]. Available: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng39/evidence/full-guideline-2308122833> [Accessed].
- PELVIC BINDER, I. 2001-2019. *Pelvic Binder* [Online]. Available: <https://www.pelvicbinder.com/pelvicbinder> [Accessed].
- PERKINS, Z. B., MAYTHAM, G. D., KOERS, L., BATES, P., BROHI, K. & TAI, N. R. 2014. Impact on outcome of a targeted performance improvement programme in haemodynamically unstable patients with a pelvic fracture. *Bone Joint J*, 96-B, 1090-7.

- PIZANIS, A., POHLEMANN, T., BURKHARDT, M., AGHAYEV, E. & HOLSTEIN, J. H. 2013. Emergency stabilization of the pelvic ring: Clinical comparison between three different techniques. *Injury*, 44, 1760-4.
- SCHWEIGKOFER, U., WOHLRATH, B., TRENTZSCH, H., HORAS, K., HOFFMANN, R. & WINCHERINGER, D. 2019. Is there any benefit in the pre-hospital application of pelvic binders in patients with suspected pelvic injuries? *Eur J Trauma Emerg Surg*.
- SILBERNAGL, S. & LANG, F. 2013. *Taschenatlas der Pathophysiologie*, Thieme.
- SMITH, W., WILLIAMS, A., AGUDELO, J., SHANNON, M., MORGAN, S., STAHEL, P. & MOORE, E. 2007. Early predictors of mortality in hemodynamically unstable pelvis fractures. *J Orthop Trauma*, 21, 31-7.
- SUZUKI, T., KUROZUMI, T., WATANABE, Y., ITO, K., TSUNOYAMA, T. & SAKAMOTO, T. 2020. Potentially serious adverse effects from application of a circumferential compression device for pelvic fracture: A report of three cases. *Trauma Case Rep*, 26, 100292.
- THANNHEIMER, A., WOLTMANN, A., VASTMANS, J. & BUHREN, V. 2004. [The unstable patient with pelvic fracture]. *Zentralbl Chir*, 129, 37-42.
- TILE, M. 1996. Acute Pelvic Fractures: I. Causation and Classification. *J Am Acad Orthop Surg*, 4, 143-151.
- TOSOUNIDIS, T. I. & GIANNOUDIS, P. V. 2013. Pelvic fractures presenting with haemodynamic instability: treatment options and outcomes. *Surgeon*, 11, 344-51.
- TSCHERNE, H. & POHLEMANN, T. 1998. *Tscherne Unfallchirurgie - Becken und Acetabulum*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- UKE 2016. Statut für die Schockraumversorgung.
- WILLIAMSON, F., COULTHARD, L. G., HACKING, C. & MARTIN-DINES, P. 2020. Identifying risk factors for suboptimal pelvic binder placement in major trauma. *Injury*, 51, 971-977.

10. Danksagung

Hier möchte ich hier allen Personen danken, die mich während meiner Dissertation begleitet und unterstützt haben:

Ich danke Herrn Univ.-Prof. Dr, med. Karl-Heinz Frosch, dass ich diese Arbeit in seiner Klinik durchführen durfte.

Herrn PD Dr. med. Jakob Nüchtern danke ich für das Thema dieser Arbeit, die hilfsbereite Betreuung und die motivierenden Worte, die er mir trotz hoher Belastung in Klinik und Forschung entgegenbrachte.

Herrn Dr. med. Markus Marinus Pleizier danke ich für die fachliche Unterstützung bei der Datenerhebung, außerdem danke ich Dr. med. Christopher Cramer für die unkomplizierte Übernahme und Unterstützung.

Weiter bedanke ich mich bei Dr. Hans O Pinnschmid vom Zentrum für medizinische Biometrie und Epidemiologie des UKE, der mich bei der statistischen Auswertung mit dem SPSS anleitete.

Zu guter Letzt richte ich einen besonderen Dank an meinen Vater, Dr. Dieter Kothe, der mir das Studium der Humanmedizin durch seine finanzielle, aber auch menschliche Unterstützung überhaupt erst möglich machte.

11. Lebenslauf

Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt.

12. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: