Retrograde Schraubenosteosynthese für Frakturen des oberen Schambeinastes in schwierigen transpubischen Korridoren – eine Pilotstudie zu einer modifizierten Technik

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin (Dr. med.)

an der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von

Alena Maria Seffert

aus

Bergisch Gladbach

2026

Betreuer / Gutachter der Dissertation: PD Dr. Darius Maximilian Thiesen

Gutachter der Dissertation: Prof. Dr. Volkmar Müller

Vorsitz der Prüfungskommission: Prof. Dr. Volkmar Müller

Mitglied der Prüfungskommission: PD Dr. Carsten Schlickewei

Mitglied der Prüfungskommission: Prof. Dr. Michael Amling

Datum der mündlichen Prüfung: 25.08.2026

Inhaltsverzeichnis

1. DARSTELLUNG DER PUBLIKATION 4

EINLEITUNG 4
METHODIK 6
ERGEBNISSE 9
KLINISCHE RELEVANZ 10
WEITERFÜHRENDE FRAGESTELLUNGEN 12

2. ARTIKEL 14

3. ZUSAMMENFASSUNG 22

4. LITERATURVERZEICHNIS 23

5. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 26

6. ABBILDUNGSVERZEICHNIS 27

7. TABELLENVERZEICHNIS 28

8. ERKLÄRUNG DES EIGENANTEILS 29

9. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG 30

10. DANKSAGUNG 31

1. Darstellung der Publikation

Einleitung

Der Beckenring gliedert sich in einen vorderen (Symphyse, Os pubis) und hinteren Beckenring (Os Ilium, Os Sacrum, Iliosakralgelenk). Bei Gewalteinwirkungen auf das Becken, z.B. im Rahmen von Stürzen, können Brüche des Beckenrings entstehen. Je nach Bruchform entsteht dadurch eine Instabilität des „Ringes“, welcher zu einer eingeschränkten Belastbarkeit der unteren Extremitäten führen kann.

Bei Beckenringfrakturen können zwei verschiedene Traumamechanismen unterschieden werden. Jüngere Menschen erleiden Beckenringfrakturen durch Hochrasanz-Traumata, welche unter anderem durch Motorrad-, Auto- oder Reitunfälle oder einen Sturz aus großer Höhe verursacht werden. Bei älteren Menschen genügt jedoch meist ein Niedrig-Rasanz-Trauma. Hierzu zählt unter anderem ein Sturz aus dem Stand, zum Teil entstehen diese Art von Frakturen auch atraumatisch durch repetitive Belastung. Ein Bruch entsteht dabei durch eine verminderte Knochenqualität, die sogenannte Osteoporose, die zu einer geringeren Widerstandsfähigkeit des Knochens bei Krafteinwirkung führt. Beckenringfrakturen bei geriatrischen Patienten sind daher eine Entität, die von Hochrasanz-Verletzungen bei jüngeren Patienten aufgrund eines unterschiedlichen Ausmaßes der Instabilität und Begleitverletzungen zu unterscheiden sind. Sie werden daher auch Fragilitätsfrakturen des Beckens (FFP) genannt. (Balogh *et al.*, 2007; Rommens and Hofmann, 2013; Pereira *et al.*, 2017).

Fragilitätsfrakturen des Beckens gewinnen zunehmend an Bedeutung, wenn man den stattgehabten und zu erwartenden demographischen Wandel berücksichtigt. Laut Prognosen der Weltgesundheitsorganisation wird sich die Zahl der über 60-Jährigen zwischen 2015 und 2050 nahezu verdoppeln (WHO World Health Organisation, 2022).

Mit dem demografischen Wandel geht auch eine steigende Inzidenz von osteoporotischen Frakturen einher. Zwischen 2009 und 2019 ist die Gesamtinzidenz von Frakturen bei Erwachsenen um 14%, die Inzidenz von Beckenringfrakturen sogar um 39% gestiegen (Rupp *et al.*, 2021). Kjelgard et. al prognostizierten in ihrer Studie eine Verdopplung dieser Frakturen bis zum Jahr 2050 in Norwegen (Kjeldgaard *et al.*, 2025).

Parallel dazu stieg das Durchschnittsalter der Patienten mit Beckenringfrakturen von 73 auf 82 Jahre, während gleichzeitig die Mortalitätsrate von 27% auf 20% gesunken ist (Haleem *et al.*, 2023). Dies weist einerseits auf eine zwar bereits bessere medizinische Versorgung hin, andererseits aber auch auf eine zunehmende Herausforderung für das Gesundheitssystem durch eine erhöhte Fallzahl komplexer geriatrischer Verletzungen.

Die Frakturen stellen, insbesondere bei geriatrischen Patienten, eine zunehmende therapeutische Herausforderung dar. Dies ist vor allem durch die verminderte Knochenqualität zu erklären,

welche eine Herausforderung für die operative Stabilisierung des Beckenrings birgt (Boskey and Imbert, 2017).

Das primäre Ziel in der Therapie von Fragilitätsfrakturen des Beckens besteht in der Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Mobilität der Patienten und Patientinnen. Hierfür sind konservative (physiotherapeutische Mobilisation und adäquate Analgesie) oder operative (chirurgische Stabilisierung des Beckenrings) Therapiemöglichkeiten gegeneinander abzuwägen. Die Therapieentscheidung richtet sich dabei nach einer Vielzahl von Faktoren, unter anderem nach der Stabilität der Fraktur (FFP-Klassifikation), aber auch nach Patientenfaktoren, wie z.B. Vorerkrankungen, Mobilität vor dem Unfall usw. (Grubor *et al.*, 2011). Eine länger andauernde Immobilität bei nicht erfolgreicher konservativer Behandlung kann zu schwerwiegenden Komplikationen führen, darunter Muskelatrophie, venöse Thrombosen, Lungenembolien, reduzierte Herzfunktion, Harnverhalt, Dekubitus, Pneumonie, verminderte Knochenqualität und Depression (Soles and Ferguson, 2012). All diese Faktoren führen zu einer erhöhten Mortalität (Coccolini *et al.*, 2017).

Die operative Versorgung von Fragilitätsfrakturen des Beckenrings gliedert sich in die Stabilisierung des vorderen Beckenrings und in die Stabilisierung des hinteren Beckenrings (Rommens, Wagner and Hofmann, 2017).

Biomechanisch gilt der hintere Beckenring als Hauptstabilisator, da mehr als bis zu mehr als 90% der Gesamtstabilität im Becken durch den hinteren Beckenring gegeben ist (Fensky *et al.*, 2021). Daraus ergibt sich, dass das Hauptziel der operativen Versorgung die Stabilisierung des hinteren Beckenrings ist (Vrahas *et al.*, 1995; Küper *et al.*, 2019; Yin *et al.*, 2019). Zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings erfolgt in der Regel die Implantation von transiliosakralen hexakortikalen Schrauben oder Stabsystemen.

Trotz der höheren funktionellen Relevanz des hinteren Beckenrings, ist eine zusätzliche Stabilisierung des vorderen Beckenrings häufig von Vorteil, etwa zur Reduktion der Rotationsinstabilität und damit zur Vermeidung von Schmerzen, die durch eine vermehrte Rotation am vorderen Beckenring bei isolierter Stabilisierung des hinteren Beckenrings entstehen können. Zudem kann durch die Neutralisation von Rotationskräften das Risiko für ein Implantatversagen am hinteren Beckenring reduziert werden (Rommens, Wagner and Hofmann, 2017).

Zur operativen Stabilisierung des vorderen Beckenrings existieren zahlreiche Optionen: offen chirurgische Plattenosteosynthese (Matta and Tornetta, 1996; Herteleer *et al.*, 2022), Fixateur externe, subkutaner Fixateur interne (Vaidya *et al.*, 2012), sowie minimalinvasive Verfahren wie die perkutane Schraubenosteosynthese. (Routt, Simonian and Grujic, 1995; Rommens *et al.*, 2020) Zur letzteren Möglichkeit gehört auch die retrograde transpubische Schraubenosteosynthese,

welche erstmals 1995 von Routt beschrieben wurde. Der Vorteil der minimal-invasiven, perkutanen Schraubenosteosynthesen am vorderen Beckenring ist das Vermeiden invasiver, offen chirurgischer Maßnahmen für Plattenosteosynthesen, welche mit einer deutlich höheren Rate an Komplikationen einhergehen. Hierzu gehören neurovaskuläre Verletzungen, Weichteilschäden, Wundinfektionen, sowie störend einliegendes Osteosynthesematerial (Routt, Simonian and Grujic, 1995). Die retrograde transpubische Schraubenosteosynthese gilt neben der gewebeschonenderen Implantation auch als biomechanisch stabil (Eastman, Kuehn and Chip Routt, 2018; Lucas, Chip Routt and Eastman, 2021). Durch die gewebeschonende und biomechanisch stabile transpubische Schraubenosteosynthese profitieren vor allem ältere Patienten oder Patienten mit Osteoporose (Rommens, Wagner and Hofmann, 2012; Cole, Dyskin and Gilbertson, 2015).

Allerdings ist die Durchführbarkeit einer retrograden, transpubischen Schraubenosteosynthese in der klinischen Praxis häufig durch anatomische Gegebenheiten erschwert. Studien zeigten, dass ungefähr 38% Patienten einen stark gebogenen und engen transpubischen Korridor aufweisen, was die sichere Platzierung einer Schraube erschwert oder in einigen Fällen sogar unmöglich macht. (Arand *et al.*, 2021; Green *et al.*, 2022; Jarragh, Lari and Shaikh, 2023). Vor allem die Gefahr der Verletzung umliegender Strukturen, wie Nerven oder der Harnblase, und eine reduzierte Stabilität bei nicht optimal intraossärer Lage sind mögliche Folgen bei einer Fehlplatzierung einer Schraube, aufgrund schwer zugänglichen transpubischen Korridoren (Suzuki *et al.*, 2008; Green *et al.*, 2022).

Diese technischen Schwierigkeiten bei der Platzierung transpubischer Schrauben führte zur Entwicklung neuer operativer Ansätze.

Im Berufsgenossenschaftlichem (BG) Klinikum Hamburg wurde daher eine modifizierte Technik mit vorgebogenem Führungsdraht entwickelt, die die retrograde Platzierung von transpubischen Schrauben in engen und gebogenen Korridoren erleichtert und sicherer machen soll. Ziel der vorgelegten Publikation war die Beschreibung sowie Auswertung erster klinischer Daten dieser modifizierten Technik.

Unsere Hypothese war, dass die modifizierte Technik in Hinblick auf klinische und radiologische Kurzzeitergebnisse sowie Komplikationsrate der klassischen Technik nicht unterlegen ist.

Methodik

Die vorliegende Studie wurde als retrospektive Nicht-Unterlegenheits-Pilotstudie konzipiert und schloss Patienten mit einer Beckenringfraktur inklusive einer Fraktur des oberen Schambeinastes ein, die im Zeitraum von Januar 2020 bis April 2024 am BG Klinikum Hamburg oder Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf operativ mit einer transpubischen

Schraubenosteosynthese in klassischer oder modifizierter Technik versorgt wurden. Die Einteilung der Patienten in die jeweilige Technikgruppe erfolgte retrospektiv anhand der Operationsberichte und der intraoperativen Bildgebung. Ziel war der Vergleich der modifizierten Technik zur Platzierung einer retrograden transpubischen Schraubenosteosynthese mit der klassischen Technik bei Frakturen des oberen Schambeinastes.

Die Berechnung der Stichprobengröße mit der G*Power 3.1-Software ergab eine Stichprobengröße von mindestens fünf Teilnehmern pro Gruppe für die Nicht-Unterlegenheitsüberprüfung für den primären Endpunkt des Visuelle Analogskala (VAS)-Schmerzes (unabhängiger einseitiger t-Test mit Effektstärke d = 1,5; Signifikanzniveau $\alpha = 0,10$; Power 0,8; Stichprobenverhältnis $N_1/N_2 = 1.$). Da es sich um eine neuartige, modifizierte Technik zur Insertion einer retrograden transpubischen Schraube handelt, welche eine selten durchgeführte Operation darstellt, war die Stichprobengröße aufgrund der geringen Patientenzahl begrenzt. Dies interferierte nicht mit dem Ziel einer Nicht-Unterlegenheits-Pilotstudie.

Voraussetzung für die Studienteilnahme war eine schriftlich erteilte Einwilligungserklärung, sowie ein abgeschlossener telefonischer Folgekontakt mit Erhebung der postoperativen Komplikationen, Reoperationen, des Schmerzes (VAS-Score), der Zufriedenheit (VAS-Score) und dem Majeed-Score zur Beurteilung des funktionellen Outcomes.

Ausgeschlossen wurden Fälle, in denen eine andere Form der Stabilisierung des vorderen Beckenrings (z. B. Plattenosteosynthese oder alternative Schraubenosteosynthesen) durchgeführt wurde, sowie Patienten mit anderen Indikationen zur Schraubenosteosynthese (z. B. bei Acetabulumfrakturen) oder Patienten ohne Kontaktmöglichkeit zur Nachbefragung.

Die operative Technik im Rahmen der vorgelegten Studie erfolgte wie folgt:

Die operative Versorgung erfolgte standardisiert in Rückenlagerung auf einem röntgentransparenten Operationstisch. Bei kombinierten Frakturen des vorderen und hinteren Beckenrings wurde zusätzlich die Stabilisierung des hinteren Rings vorgenommen. Im Anschluss erfolgte die retrograde transpubische Schraubenosteosynthese des vorderen Rings, gesteuert unter intraoperativer Durchleuchtung.

Unabhängig von der verwendeten Technik wurde ein etwa 2 cm langer Hautschnitt über der Symphyse angelegt. Nach bildmorphologisch gesteuerter Bestimmung des Eintrittspunktes erfolgte bei der klassischen Technik die Einführung eines geraden Führungsdrahtes in das parasymphysäre Schambein unter Verwendung der Inlet- und Outlet-Projektionen. Dieser wurde im transpubischen Kanal unter kontinuierlicher bildmorphologischer Kontrolle bis zur lateralen Kortikalis des Os Ilium vorgeführt. Nach Längenmessung wurde eine 6,5-mm-kanülierte, selbstschneidende, Vollgewinde-Schraube eingebracht.

Bei anatomisch komplexen Verhältnissen, welche besonders gekrümmte oder enge transpubische Korridoren umfasst, wurde vom Operationsteam die modifizierte Technik angewendet. Diese orientiert sich an der bekannten ESIN-Technik (Elastic Stable Intramedullary Nailing), welche aus der Kindertraumatologie stammt, und nutzt einen an der Spitze vorgebogenen Führungsdraht zur besseren Kontrolle der Drahtorientierung im transpubischen Korridor (Hunter, 2005; Cosma and Vasilescu, 2014).

Nach initialer Einführung eines Führungsdrahtes in den parasymphysären Knochen und Erweiterung des Knochenfensters mittels Überbohren der ersten Kortikalis am Eintrittspunkt wurde der Draht entfernt und seine Spitze mit einer Zange vorgebogen. Der vorgeformte Draht wurde anschließend reinseriert und durch vorsichtige Hammerschläge sowie wiederholte Reorientierung der gebogenen Spitze unter bildmorphologischer Kontrolle schrittweise durch den Korridor geführt. Nach Erreichen der lateralen Kortikalis des Os Iliums wurde, wie bei der klassischen Technik, die Schraube über den Führungsdraht platziert. Abschließend wurde der Führungsdraht durch vorsichtiges Rückschlagen entfernt (Abbildung 1).

Im Rahmen der vorgelegten Studie wurde retrospektiv aus der digitalen Patientenakte das Geschlecht, das Alter, das Gewicht, die Körpergröße, begleitende Operationen und die Verweildauer im Krankenhaus erfasst. Des Weiteren wurden anhand der Akte und der Röntgenbilder die AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) /OTA (Orthopaedic Trauma Association) - Klassifikation der Beckenringfraktur und Nakatani-Klassifikation der oberen Schambeinastfraktur erfasst.

Die postoperative radiologische Beurteilung erfolgte anhand der bereits in der klinischen Routine erfolgten postoperativen Röntgenbilder. Bewertet wurden die korrekte Schraubenplatzierung (ohne Perforation des Acetabulums oder der inneren Kortikalis) sowie die Reduktionsqualität des Beckenrings gemäß der Klassifikation nach Matta und Tornetto für Beckenringverletzungen (exzellent ≤ 4 mm, gut 4–10 mm, mittel 10–20 mm, schlecht > 20 mm) (Matta and Tornetta, 1996).

Primäre Endpunkte der Studie waren die Schmerzintensität (mittels VAS-Score), das Vorliegen von Komplikationen, sowie die korrekte Schraubenplatzierung. Sekundäre Endpunkte umfassten die Reoperationsrate, die Krankenhausverweildauer, das Ausmaß der postoperativ verbliebenen Dislokation und die Repositionsqualität nach Matta-Kriterien, die Zufriedenheit (mittels VAS-Score) und funktionelle Ergebnisse (mittels Majeed-Scores).

Die statistische Analyse und Visualisierung erfolgte unter Verwendung von GraphPad Prism 10 und Microsoft Excel. Kategoriale Variablen wurden als absolute und relative Häufigkeiten dargestellt und mit dem Fisher-Test zwischen den beiden Techniken verglichen. Zu diesen Variablen gehörten folgende: Geschlecht, AO/OTA-Klassifikation, Nakatani-Klassifikation, zusätzliche chirurgische Eingriffe, adäquate Schraubenplatzierung, Repositionsqualität nach den Matta-Kriterien,

Komplikationsrate und Reoperationsrate. Numerische Variablen wurden als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben und mit dem einseitigen, ungepaarten Student's t-Test zwischen den Kohorten mit einem einseitigen p-Wert und einem 90%-Konfidenzintervall für den Äquivalenztest verglichen. Sofern der p-Wert 0,001 nicht unterschreitet, wurden die exakten p-Werte dargestellt. Zu diesen Variablen gehörten folgende: Alter, Größe, Gewicht, Länge des Krankenhausaufenthalts, verbliebenen Dislokation der Fraktur, VAS-Schmerz, VAS-Zufriedenheit und Majeed-Score.

Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg unter der Nummer 2023-101151-BO-ff genehmigt und in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

Ergebnisse

In dem oben beschriebenen Zeitraum haben insgesamt 21 Patienten eine Anzahl von 24 transpubischen Schrauben erhalten, wobei 13 Patienten mit insgesamt 15 Schrauben in klassischer Technik und die anderen acht Patienten mit insgesamt neun Schrauben in modifizierter Technik mit vorgebogenem Führungsdraht operiert wurden. Von diesen Patienten waren zehn Patienten mit insgesamt elf Schrauben verfügbar für eine telefonische Nachuntersuchung und wurden daher in diese Studie eingeschlossen. Davon waren fünf Patienten mit insgesamt sechs Schrauben der klassischen Technik zuzuordnen und fünf Patienten mit insgesamt fünf Schrauben der modifizierten Technik.

In der Gruppe mit der klassischen Technik (n=5) betrug das Durchschnittsalter 49,8 ± 28,0 Jahre, während die Gruppe mit der modifizierten Technik (n=5) ein Durchschnittsalter von 64,6 ± 21,4 Jahren aufwies (p = 0,38). In der klassischen Gruppe waren drei Patienten männlich (60 %) und zwei weiblich (40 %), wohingegen in der modifizierten Gruppe ein Patient männlich (20 %) und vier weiblich (80 %) waren (p = 0,52). Die durchschnittliche Körpergröße lag bei 176,8 ± 6,8 cm in der klassischen und bei 167,8 ± 8,2 cm in der modifizierten Technikgruppe (p = 0,10). Das Körpergewicht betrug 79,2 ± 13,1 kg gegenüber 65,4 ± 9,1 kg (p = 0,09). Der BMI (Body-Mass-Index) lag bei 25,2 ± 2,6 kg/m² in der klassischen und bei 23,4 ± 4,5 kg/m² in der modifizierten Gruppe (p = 0,46).

Bezüglich der AO/OTA-Klassifikation fanden sich in der klassischen Technikgruppe drei Fälle (60 %) mit einer AO/OTA Typ 61-B Fraktur und zwei Fälle (40 %) mit einer AO/OTA Typ 61-C Fraktur. In der modifizierten Gruppe waren es zwei Fälle (40 %) mit einer AO/OTA Typ 61-B Fraktur und drei Fälle (60 %) mit einer AO/OTA Typ 61-C Fraktur (p > 0,99). In beiden Gruppen waren jeweils zwei Fälle (40 %) mit einer nach Nakatani Typ II Fraktur und drei Fälle (60 %) einer Nakatani Typ III Fraktur (p > 0,99).

Alle Patienten erhielten zusätzlich eine Fixierung des hinteren Beckenrings, wobei in der klassischen Gruppe alle fünf Patienten (100 %) eine Sakroiliakal (SI)-Schraube erhielten, in der modifizierten Gruppe hingegen vier Patienten (80 %) (p = 0,71). Eine Schraubenosteosynthese des Iliums wurde in der klassischen Gruppe nicht durchgeführt, jedoch bei zwei Patienten (40 %) aus der modifizierten Gruppe. Eine zusätzliche Osteosynthese am vorderen Beckenring mittels einer Symphysenplatte erfolgte in beiden Gruppen jeweils bei einem Patienten (20 %). Insgesamt waren die modifizierte und die klassische Gruppe in allen Ausgangsmerkmalen nicht signifikant unterschiedlich. Dies ist in Tabelle 1 dargestellt.

Das Follow-up betrug 26,0 ± 6,2 Monate für Patienten, die sich der klassischen Technik unterzogen hatten und 8,0 ± 2,3 Monate für die Patienten, die sich der modifizierten Technik unterzogen hatten.

Bei der klassischen Gruppe traten keine verfahrensbedingten Komplikationen auf, während bei einem Patienten mit der modifizierten Technik eine Migration der Schraube auftrat. In diesem Fall war keine Revisionsoperation erforderlich, da der Patient keine Beschwerden durch den Schraubenkopf hatte und die Fraktur schon vollständig verheilt war. Es gab keine signifikante Unterlegenheit der modifizierten Technik gegenüber der klassischen Technik hinsichtlich der Komplikationsrate (p = 0,50). Die Dauer des Krankenhausaufenthalts betrug im Durchschnitt 17,6 ± 13,4 Tage für die klassische Technik und 17,6 ± 8,1 Tage für die modifizierte Technik (p = 0,50). Radiologisch lag die Restdislokation am oberen Schambeinast bei durchschnittlich 5,0 ± 2,2 mm mit der modifizierten Technik versus 4,4 ± 3,3 mm mit der klassischen Technik (p = 0,38). Die Reduktionsqualität nach den Matta-Kriterien war in der klassischen Gruppe bei zwei Fällen (33,3%) als exzellent und bei vier Fällen (66,6 %) als gut bewertet. In der modifizierten Technikgruppe wurden zwei Fälle (40%) als exzellent und drei Fälle (60 %) als gut eingestuft (p = 0,65). Diese Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Der Schmerz (VAS 2,4 ± 4,3 vs. 2,6 ± 2,5), die Patientenzufriedenheit (VAS 8,8 ± 1,8 vs. 9,0 ± 1,0) und der Majeed Score (82,0 ± 12,6 vs. 90,0 ± 12,5) waren in der modifizierten Gruppe der klassischen Gruppe nicht signifikant unterlegen (Abbildung 2).

Klinische Relevanz

Die Platzierung einer transpubischen Schraube ist aufgrund der anatomischen Verhältnisse, insbesondere bei engen und stark gekrümmten transpubischen Korridoren, technisch anspruchsvoll und kann hierdurch limitiert oder sogar unmöglich sein (Zhao *et al.*, 2024). Die hier vorgestellte, modifizierte Technik zur Platzierung einer retrograden transpubischen Schraube mit vorgebogenem Führungsdraht erwies sich in unserer Untersuchung als praktikable und sichere Möglichkeit bei schwierigem transpubischen Korridor. In der vorgelegten retrospektiven, Nicht-

Unterlegenheits-Pilotstudie konnte gezeigt werden, dass die modifizierte Technik der klassischen Technik in klinischem und radiologischem Outcome nicht signifikant unterlegen ist.
Damit erweitert die modifizierte Technik das Indikationsspektrum in anatomisch schwierigen Fällen und kann potenziell invasivere Verfahren wie offene Plattenosteosynthesen oder externe Fixateure vermeiden (Routt, Simonian and Grujic, 1995). Frühere Studien wie von Weatherby et al. oder Tosounidis & Giannoudis beschreiben ebenfalls Operationstechniken mit dem Ziel die Implantation von transpubischen Schrauben technisch zu erleichtern (Weatherby, Chip Routt and Eastman, 2017; Tosounidis, Mauffrey and Giannoudis, 2018).
Eine dieser Techniken ist der umgedrehte Führungsdraht, bei dem das stumpfe Ende benutzt wird, sodass sich der Draht selbst umlenkt, ohne die Kortikalis zu perforieren (Tosounidis and Giannoudis, 2018). Weatherby et al. beschrieben auch eine modifizierte Technik: Bei anfänglich frustraner retrograder Einbringung des Führungsdrahtes wird ein Führungsdraht antegrad eingeführt, ohne den retrograden Startpunkt zu passieren. Im Folgenden wird die retrograde Schraube über diesen Führungsdraht eingeführt (Weatherby, Chip Routt and Eastman, 2017). Nachteile dieser Technik sind der hohe Zeitaufwand, sowie der zusätzliche Schnitt. Eine weitere Technik ist die von Mosheiff et al. modifizierte Methode, bei der eine temporäre 6,5-mm Schraube über den ursprünglichen Führungsdraht vorgeschoben wird. Anschließend kann diese temporäre Schraube mithilfe eines angeschlossenen Schraubendrehers als Manövriervorrichtung genutzt werden, um die Frakturreposition zu erleichtern und den Führungsdraht zu führen (Mosheiff and Liebergall, 2002). Nachteile dieser Technik sind vor allem bei medialen Frakturen des oberen Schambeins und bei osteoporotischen Knochen zu erwarten, da die temporäre Schraube dort möglicherweise nicht ausreichend Halt findet und das Risiko eines weiteren Bruchs erhöht ist. Wang et al. beschrieben eine Modifikation, bei der ein kanülierter Pedikelfinder verwendet wurde, um die Reposition verschobener Frakturen und die Anpassung der Ausrichtung des Führungsdrahts zu erleichtern (Wang *et al.*, 2022).
Die hier vorgestellte modifizierte Technik reiht sich somit in eine Reihe von modifizierten Techniken zur optimierten Platzierung einer transpubischen Schraube ein, sie zeichnet sich jedoch durch eine besonders einfache und direkte Integration in den klinischen Alltag aus.
Ein relevanter Vorteil bietet die modifizierte Technik bei älteren Patienten mit osteoporotischen Knochen und/oder ungünstiger Anatomie, bei denen minimalinvasive Verfahren essenziell sind (Wojahn and Gardner, 2019; Rommens *et al.*, 2022). Die minimalinvasive Durchführung begünstigt eine frühzeitige Mobilisation, was bei geriatrischen Patienten mit erhöhter Morbidität und Mortalität von besonderer Relevanz ist (Boskey and Imbert, 2017; Rommens, Wagner and Hofmann, 2017). Die Technik erlaubt eine gewebeschonende Stabilisierung des vorderen Beckenrings ohne Erhöhung der Komplikationsrate.

Durch die Möglichkeit, schwierige Kanäle zuverlässig zu überwinden, können Fehllagen und instabile Schraubenlagen vermieden werden, die sonst Revisionseingriffe erforderlich machen. Es zeigte sich trotz leichter Schraubenverbiegung bei der Implantation keine klinische relevante Lockerung oder Fehllage. Vielmehr könnte die leichte Biegung sogar zu einer verbesserten Verankerung im Knochen beitragen. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der Reposition von moderat dislozierten Frakturen durch die Verwendung des vorgebogenen Führungsdrahtes. Dadurch nimmt die Zahl der Fälle zu, in denen eine vollständige perkutane Schraubenosteosynthese von Beckenringfrakturen möglich ist.
In beiden Gruppen gab es keine Fehlplatzierung der Schrauben, was auf die Präzision der Operationstechnik und den hohen Stellenwert intraoperativer Bildgebung hinweist.
Neben den klinischen Vorteilen spielt auch der organisatorische Aspekt eine Rolle, nämlich die Integration in bestehende Operations-Abläufe. Die Technik erfordert kein Zusatzinstrumentarium und ist auch in Kliniken ohne Zugang zu speziellen Navigations- und Robotiksystemen umsetzbar. Dadurch besteht das Potenzial, diese Technik in einem breiten Bereich anwenden zu können. Auch das Operationsteam bräuchte hier keine umfangreiche zusätzliche Schulung. Denkbar ist auch eine gesundheitsökonomische Relevanz, dazu zählt unter anderem eine schnellere Mobilisation, welche zu einer Reduktion der Krankenhausverweildauer führen könnte und damit zu einer Kostenersparnis.

Weiterführende Fragestellungen

Die Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse wird durch die geringe Fallzahl und das retrospektive Studiendesign limitiert. Die geringe Fallzahl ist vor allem durch die Seltenheit der transpubischen Schraubenosteosynthese und durch das geriatrische Patientenkollektiv mit deutlich eingeschränkter Rückantwortrate im Rahmen der Studie bedingt. Zukünftige Forschung sollte daher prospektive, multizentrische Studien mit größerem Patientenkollektiv sein, um die Ergebnisse zu validieren.
Die kurze Nachbeobachtungszeit erlaubt keine validen Aussagen zu Langzeitergebnissen wie Schraubenlockerungen, Materialbruch, Spätinfektionen oder Revisionsraten. Zudem fehlen biomechanische Vergleichsstudien, die die Stabilität der modifizierten Schraubenplatzierung im Detail quantifizieren. Langfristige klinische Nachuntersuchungen könnten ein Hinweis auf die Haltbarkeit und funktionelle Ergebnisse der Technik liefern. Darüber hinaus wären biomechanische Untersuchungen an Kadaver- oder Modellknochen geeignet, um den Einfluss der Schraubenbiegung auf Stabilität, Lastverteilung und potenzielle „stress risers“ zu analysieren. Vergleichsstudien mit anderen modifizierten Verfahren oder auch robotik- oder navigationsgestützer Schraubenplatzierung wären ebenfalls von Interesse. Hier ließe sich eine

erste Tendenz, ob High-Tech-Verfahren oder kosteneffiziente Alternativen langfristig überlegen sind, untersuchen.

Schlussendlich wäre eine gesundheitsökonomische Analyse sinnvoll, um die Wirtschaftlichkeit dieser Technik im Vergleich zu etablierten Alternativen zu bewerten. Hier könnte vor allem Operationszeit, intraoperative Strahlenbelastung, Vermeidung von Revisionseingriffen und Schulungsaufwand für Operateure berücksichtigt werden.

Zusammenfassend erweitert die modifizierte ESIN-ähnliche Technik mit vorgebogenem Führungsdraht das minimalinvasive Spektrum zur Versorgung komplexer Beckenringfrakturen. Sie ermöglicht auch bei schwieriger Anatomie eine sichere und effektive Stabilisierung des vorderen Beckenrings und bietet damit einen klinisch relevanten Mehrwert. Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass die modifizierte Technik in ausgewählten Fällen eine nicht unterlegene Alternative zur klassischen Technik darstellt. Für eine endgültige Bewertung ist eine Bestätigung der Ergebnisse durch größer angelegte Studien erforderlich, ergänzt durch biomechanische Untersuchungen.

2. Artikel

Injury 56 (2025) 112318

Contents lists available at ScienceDirect

Injury

journal homepage: www.elsevier.com/locate/injury

Screw fixation of superior pubic ramus fractures using a modified technique with a pre-bent guidewire in curved transpubic corridors – A non-inferiority pilot study

Nico Hinz [a,1,*], Alena Seffert [a,1], Darius Thiesen [b], Esko Meine [a], Mohamad Hadi Nasri [a,b], Karl-Heinz Frosch [a,b], Maximilian Hartel [a,b]

[a] Department of Trauma Surgery, Orthopaedics and Sports Traumatology, BG Klinikum Hamburg, Bergedorfer Strasse 10, 21033 Hamburg, Germany
[b] Department of Trauma and Orthopaedic Surgery, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Martinistrasse 52, 20246 Hamburg, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:
Pubic ramus fracture
Pelvic ring fracture
Transpubic screw
Transpubic corridor
Superior pubic ramus screw

ABSTRACT

Introduction: Transpubic screw fixation is a valuable option for stabilization of superior pubic ramus fractures. However, insertion of a transpubic screw can be challenging or sometimes even impossible due to a narrow or curved transpubic screw corridor, which is present in 38 % of cases. To overcome this problem, a modified technique for insertion of a transpubic screw by advancing a pre-bent guidewire in an ESIN-like fashion is described.

Materials and Methods: A retrospective, non-inferiority pilot study with patients, who received a transpubic screw, was performed to investigate potential procedure-associated complications as well as short-term radiological and clinical outcomes of the modified technique in comparison to the classical technique for insertion.

Results: From 01/2021 to 04/2024, 24 transpubic screws were inserted at two major trauma centers, of which nine screws were inserted using the modified technique. Ten patients with a total of eleven transpubic screws (modified technique: 5; classical technique: 6) were available for this pilot study. One patient from the modified technique subgroup experienced a screw migration without affecting fracture healing and without necessitating hardware removal. The complication rate of the modified technique was not significantly inferior to the classical technique ($p = 0.50$). Residual displacement of the pubic ramus fracture was not significantly inferior using the modified technique compared to the classical technique (modified: 5.0 ± 2.2 mm; classical 4.4 ± 3.3 mm; $p = 0.38$). The clinical outcome was not significantly inferior using the modified technique compared to the classical technique regarding VAS pain (modified: 2.4 ± 4.3; classical 2.6 ± 2.5; $p = 0.47$), VAS satisfaction (modified: 8.8 ± 1.8; classical 9.0 ± 1.0; $p = 0.42$) and Majeed score (modified: 82.0 ± 12.6; classical 90.0 ± 12.5; $p = 0.17$).

Conclusion: The modified technique for insertion of a transpubic screw using a pre-bent guidewire is feasible in narrow and particularly curved transpubic corridors. It was not inferior compared to the classical technique regarding complications as well as short-term radiological and clinical outcomes.

Introduction

The incidence of pelvic ring fractures has been steadily rising, with a 39 % increase from 2009 to 2019 in Germany [1]. One of the most common types of fracture are fragility fractures of the pelvis (FFP) in geriatric patients, which are becoming more frequent due to the aging population [2–4]. Unstable fractures of the pelvic ring due to high-energy trauma as well as fragility fractures of the pelvic ring in case of high-grade pelvic ring instability or pain-related inability to mobilize often benefit from a surgical stabilization [5–7]. Although the main goal in surgical treatment of unstable pelvic ring fractures is the stabilization of the posterior pelvic ring, e.g. using iliosacral screws, stabilization of the anterior pelvic ring is also favorable in many cases, as rotational forces on the posterior pelvic ring may be reduced [2,6,8–12].

Definitive stabilization of the anterior pelvic ring can be achieved by different osteosynthesis constructs [8]. Plate osteosynthesis of the

* Corresponding author at: BG Klinikum Hamburg, Bergedorfer Strasse 10, 21033, Hamburg.
E-mail address: n.hinz@bgk-hamburg.de (N. Hinz).
[1] These authors contributed equally to this work and therefore share first authorship.

https://doi.org/10.1016/j.injury.2025.112318
Accepted 30 March 2025
Available online 3 April 2025
0020-1383/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

anterior pelvic ring is a well-established technique with good clinical outcomes. However, plate osteosynthesis requires an invasive surgical approach and is associated with several complications, such as implant failure, urogenital injuries and infections [13–17]. For pubic ramus fractures, transpubic screw fixation is a well-established, minimally invasive stabilization technique, which was first described by Routt et al. in 1995. A classical antegrade or retrograde transpubic screw is placed percutaneously into the superior pubic ramus via a previously inserted guide wire [10,18,19]. In particular, the minimal invasiveness of this technique makes it an advantageous option for geriatric patients as well as for patients with concomitant injuries of surrounding soft tissue or abdominal organs [20,21]. Besides a comparable or even superior biomechanical stability compared to other fixation methods, such as plate osteosynthesis or external fixator, retrograde transpubic screws generate low complication rates, low blood loss and a good clinical outcome [10,22–24].

However, the insertion of a superior pubic ramus screw under fluoroscopic control can be difficult or even impossible with the classical method in case of a narrow or particularly curved transpubic screw corridor [25–29]. In a 3D statistical model, Arand et al. revealed that in 38.3 % of 300 cases the transpubic corridor was too narrow and/or curved to ensure a safe screw insertion [26]. In these cases, intersection of the guidewire through the acetabulum or protrusion out of the transpubic corridor injuring the bladder or neurovascular structures can occur. Moreover, adjusting the direction of the guidewire within the transpubic corridor can be very demanding or impossible with the classical technique [25,29]. This is why, insertion of a transpubic screw using a pre-bent guidewire can be beneficial in selected cases [30]. In the paper at hand, a further refined technique of using a pre-bent guidewire for insertion of a transpubic screw is presented. In an ESIN-like fashion the pre-bent guidewire is repeatedly reoriented and gradually advanced under fluoroscopic control within the transpubic corridor until it reaches the far cortex of the iliac bone. This modified technique, which was first presented at the German Congress of Orthopaedics and Traumatology in 2021, enables a superior control of the guidewire orientation [31]. As there is a theoretical risk of additional complications due to the additional loads resulting from insertion of a straight screw into a bent canal, potential disadvantages of this modified technique were studied. In addition to the description of the modified insertion technique for transpubic screws, a non-inferiority pilot study in terms of complications, radiological outcome and short-term clinical outcome compared to the classical technique is presented here.

Materials and methods

Surgical technique

For surgical stabilization of pelvic ring fractures, the patient was positioned in supine position on a carbon table. In case of posterior ring involvement, one or two sacroiliacal (SI) screws were inserted before performing anterior pelvic ring stabilization using fluoroscopy-based 3D navigation in supine position.

For the insertion of a retrograde transpubic screw independent of the surgical technique, a median skin incision of about 2 cm was made above the pubic symphysis after the localization of the correct entry point was determined with fluoroscopy. For the classical technique, a guidewire was inserted into the parasymphyseal pubic bone under fluoroscopic control using inlet and outlet projections. The guidewire was then advanced into the transpubic canal under fluoroscopic control using obturator-outlet and obturator-inlet views until the far cortex of the iliac bone above the acetabulum was reached and minimally perforated. The screw length was measured and a corresponding 6.5 mm cannulated, self-drilling, self-tapping, fully threaded screw was inserted. Finally, the guidewire was removed.

In case of a difficult transpubic corridor or cases with moderate fracture displacement, a modified technique using a pre-bent guidewire was preformed (Fig. 1): After a guidewire was inserted into the parasymphyseal pubic bone for 1–2 cm, a cannulated drill was used to enlarge the entrance into the bone. A 6.5 mm drill sleeve was inserted and the guidewire then retrieved again. Comparable to the ESIN technique, the tip of the guidewire was bent using a pair of pliers. After mounting the pre-bent guidewire on a chuck with t-handle it was reinserted and gently advanced with a mallet in an ESIN-like technique. Under fluoroscopic control, the pre-bent guidewire was repeatedly reoriented and gradually advanced within the transpubic canal passing any anatomical obstacles until it reached the far cortex of the iliac bone. Screw length was measured and a corresponding 6.5 mm cannulated, self-drilling, self-tapping, fully threaded screw was inserted. In most cases, the screw got slightly bent during insertion and especially in these cases superior screw purchase was noticed. As soon as the screw was in place, the pre-bent guidewire was carefully tapped back out of the screw using a mallet. It is important to exercise caution with regard to the bending of the guidewire, as excessive bending can hinder its retrieval through the screw.

Postoperatively, full weight-bearing adapted to the patient's symptoms was performed in geriatric FFP fractures with physiotherapeutic assistance. In unstable, high energy pelvic trauma in younger, compliant patients partial weight-bearing was prescribed for 6 weeks and physiotherapy was applied. Analgesia was administered as required and thromboembolism prophylaxis was given until full weight-bearing was reliably achieved.

Study design and study conduct

This was a retrospective, non-inferiority pilot cohort study of patients with a pelvic ring fracture undergoing stabilization of a superior pubic ramus fracture with a transpubic screw using either the classical technique in straight transpubic canals or the above-described, modified technique with a pre-bent guidewire in curved, narrow transpubic canals. Patients were retrospectively enrolled if they received a transpubic screw between January 2021 and April 2024 at the BG Klinikum Hamburg or the University Medical Center Hamburg-Eppendorf. Patients had to give their consent prior to participating in the study. The following inclusion and exclusion criteria were used to select the final patient cohorts.

Inclusion criteria

- Patients with a pelvic ring fracture underwent transpubic screw fixation of a superior pubic ramus fracture using either the classical technique or the modified technique with a pre-bent guidewire between 01/2021 and 04/2024 at the BG Klinikum Hamburg or the University Medical Center Hamburg-Eppendorf
- Written informed consent of the patient for participating in the study
- Completed telephone interview

Exclusion criteria

- Patients underwent only other types of fixation at the anterior pelvic ring, such as plate osteosynthesis or other screw osteosynthesis instead of a transpubic screw for fixation of a pubic ramus fracture
- Patients with transpubic screws indicated for other injuries than a pelvic ring fracture (e.g. acetabular fracture)
- Patients without consent for participating in the study and/or without telephone availability

After inclusion of the patients, they were assigned to either the classical technique or the modified technique subgroup based on the surgical report and the intraoperative fluoroscopic images. For both subgroups, the following data were collected from their medical records: Age, sex, height, weight, AO/OTA classification of the pelvic ring fracture, Nakatani classification of the superior pubic ramus fracture,

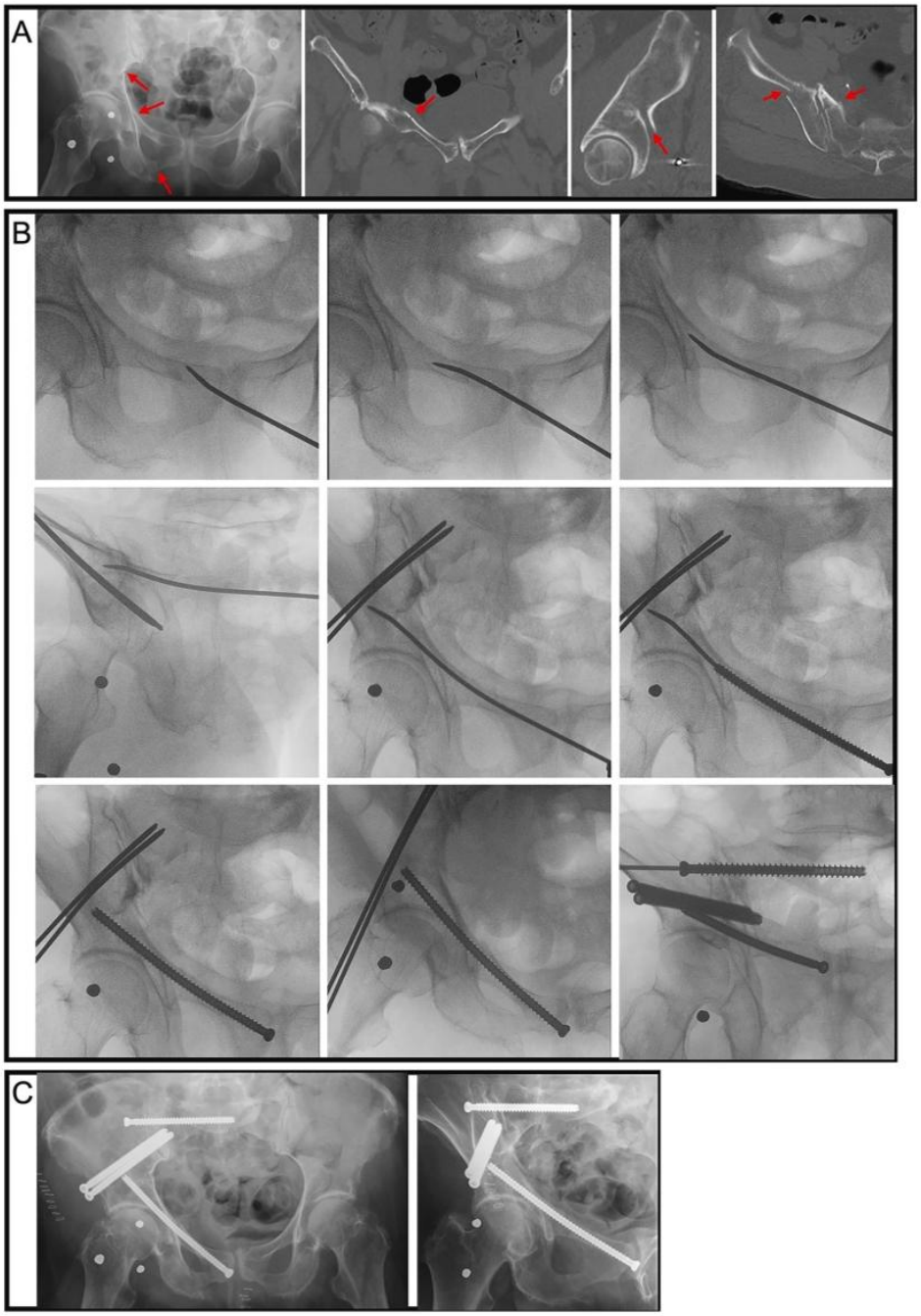


Fig. 1. Illustration of the modified ESIN-like technique for insertion of a retrograde transpubic screw with a pre-bent guidewire in a 70-year-old female patient with a moderately displaced, unstable Day Type I crescent fracture with additional sacral involvement and a minimally displaced superior pubic ramus fracture with both immobilizing pain at the right gluteal and groin region **(A)**. A modified technique for insertion of the retrograde transpubic screw was performed in the narrow, curved transpubic corridor. A pre-bent guidewire was repeatedly reoriented and gradually advanced under fluoroscopic control within the pubic canal passing anatomical obstacles until it reached the far cortex of the iliac bone. Finally, a 6.5 mm canulated, self-drilling, self-tapping, fully threaded screw was inserted over the guidewire. In this case, two additional retrograde transiliacal screws and one 3D navigated iliosacral screw were placed for fixation of the posterior pelvic ring **(B)**. Postoperative radiographic images showing the retrograde transpubic screw in place without perforation of the acetabulum. A slight bending of the screw can be noticed **(C)**.

additional surgical procedures and length of hospital stay [32]. The postoperative X-rays were assessed for the adequacy of screw placement without perforating the acetabulum or the inner cortical bone as well as for the reduction quality of the anterior pelvic ring using the Matta criteria: Excellent (≤4 mm), good (4–10 mm), fair (10–20 mm) and poor (>20 mm) [33]. A structured telephone interview was subsequently utilized to record any postoperative complications, reoperations, pain according to VAS, satisfaction according to VAS and the Majeed score.

The local Ethics Committee of the Hamburg Medical Association approved this study (2023–101151-BO-ff) and the study was performed in accordance with the ethical standards of the 1964 Declaration of Helsinki.

Outcome parameters

After completion of data collection, the following primary outcome parameters were compared between the classical technique subgroup and the modified technique subgroup with a pre-bent guidewire: Occurrence of complications, adequate screw placement and VAS pain. Additionally, the secondary outcome parameters were compared between both subgroups, encompassing the rate of reoperations, length of hospital stay, reduction quality according to Matta criteria, residual displacement at anterior pelvic ring, VAS satisfaction and Majeed score.

Statistical analysis

Sample size calculation with G*Power 3.1 software revealed a sample size of 5 participants per group for the primary outcome parameter VAS pain (independent one-tailed t-test with effect size $d = 1.5$; $\alpha = 0.10$; power 0.8; allocation rate N1/N2 = 1).

Statistical analysis and visualization were performed using GraphPad Prism 10 and Microsoft Excel. Sex, AO/OTA classification of pelvic ring fracture, Nakatani classification of superior pubic ramus fracture, additional surgical procedures, adequate screw placement, reduction quality according to Matta criteria, rate of complications and rate of reoperations were expressed as absolute and relative frequencies. Age, height, weight, length of hospital stay, residual fracture displacement at anterior pelvic ring, VAS pain, VAS satisfaction and Majeed score were expressed as mean ± standard deviation. The baseline characteristics age, sex, height, weight, AO/OTA classification, Nakatani classification and additional surgical procedures were compared between the classical technique subgroup and the modified technique subgroup using Fisher's exact test for categorial variables and two-tailed, unpaired Student's t-test for numeric variables. The significance level is determined to be $\alpha = 0{,}05$ for these tests. For the non-inferiority study, the outcome parameters adequate screw placement, residual fracture displacement, reduction quality according to Matta criteria, complication rate, reoperation rate, length of hospital stay, VAS pain, VAS satisfaction and Majeed score were compared between both subgroups using one-sided Fisher's exact test for categorial variables and one-tailed, unpaired Student's t-test for numeric variables each with a one-tailed p-value with 90 % confidence interval for equivalence testing. Exact p values were reported unless $p < 0.001$.

Results

Baseline characteristics

A total of 21 patients received a total of 24 transpubic screws in the study period between 01/2021 and 04/2024 at both study centers, of which 13 patients underwent a total of 15 transpubic screws using the classical technique and eight patients received a total of nine transpubic screws using the modified technique with a pre-bent guidewire. Ten patients with a total of eleven transpubic screw fixations of superior pubic ramus fractures were available for differentiated clinical and radiological analyses and thus were included in this non-inferiority pilot study. Six screws were inserted in five patients (one patient received transpubic screws on both sides) using the classical technique, while five patients received five transpubic screws using the modified, ESIN-like technique. Table 1 presents the baseline characteristics of both subgroups. In the classical technique subgroup 60 % of the patients had an AO/OTA 61-B pelvic ring fracture and 40 % had an AO/OTA 61-C pelvic ring fracture, whereas in the modified technique subgroup 40 % of the patients had an AO/OTA 61-B pelvic ring fracture and 60 % an AO/OTA 61-C pelvic ring fracture ($p > 0.99$). In both subgroups, the pubic ramus fracture was classified as Nakatani II (in the middle third of the superior pubic ramus) in 40 % of the patients and as Nakatani III (in the upper third of the superior pubic ramus near to the acetabulum) in 60 % of the patients ($p > 0.99$). All patients in both subgroups received an additional fixation of the posterior pelvic ring: An SI screw fixation in all five patients of the classical technique subgroup and in four patients of the modified technique subgroup as well as a screw osteosynthesis of the ilium in addition to the SI screw in one patient of the modified technique subgroup and a screw osteosynthesis of the ilium alone in another patient of the modified technique subgroup. The mean follow-up period was 26.0 ± 6.2 months for patients who underwent the classical technique and 8.0 ± 2.3 months for those who underwent the modified technique.

Procedure-associated complications and radiological outcome

No procedure-associated complications occurred in the classical technique subgroup whereas one patient in the modified technique subgroup experienced a migration of the transpubic screw. In this case, the fracture had healed completely and the patient was not disturbed by the screw head, so that no hardware removal was required. There was no significant inferiority for the modified technique compared to the classical technique regarding the complication rate ($p = 0.50$). No reoperations were performed in either subgroup. The length of hospital stay was 17.6 ± 13.4 days for the classical technique subgroup and 17.6 ± 8.1 days for the modified technique subgroup ($p = 0.50$).

The postoperative radiological outcome is summarized in Table 2. In the postoperative radiographs (pelvic overview, inlet and outlet views) no screw malposition was detected in either subgroup. The postoperative quality of reduction according to the Matta criteria was rated excellent in two cases of each subgroup and good in four cases with the classical method and in three cases with the modified technique ($p = 0.65$). There was no statistically significant inferiority of the residual

Table 1
Baseline characteristics of the study cohort categorized into patients treated using the classical technique or the modified technique with a pre-bent guidewire for transpubic screw fixation.

	Classical technique (n=5)	Modified technique (n=5)	p-value
Age	49.8 ± 28.0	64.6 ± 21.4	0.38
Sex			
Male	3 (60.0 %)	1 (20.0 %)	0.52
Female	2 (40.0 %)	4 (80.0 %)	
Height (cm)	176.8 ± 6.8	167.8 ± 8.2	0.10
Weight (kg)	79.2 ± 13.1	65.4 ± 9.1	0.09
BMI (kg/m^2)	25.2 ± 2.6	23.4 ± 4.5	0.46
AO/OTA classification			
61-B	3 (60.0 %)	2 (40.0 %)	>0.99
61-C	2 (40.0 %)	3 (60.0 %)	
Nakatani classification			
II	2 (40.0 %)	2 (40.0 %)	>0.99
III	3 (60.0 %)	3 (60.0 %)	
Additional surgical procedures			
SI screw	5 (100 %)	4 (80.0 %)	0.71
Screw osteosynthesis of the ilium	0	2 (40.0 %)	
Symphyseal plating	1 (20.0 %)	1 (20.0 %)	

Table 2
Radiological outcome of transpubic screws placed either using the classical technique or the modified technique with a pre-bent guidewire.

	Classical technique (n=6)	**Modified technique (n=5)**	**p-value**
Screw malposition	0	0	-
Matta criteria for reduction quality			
Excellent	2 (33.3 %)	2 (40.0 %)	0.65
Good	4 (66.6 %)	3 (60.0 %)	
Residual displacement [mm]	4.4 ± 3.3	5.0 ± 2.2	0.38

displacement at the anterior pelvic ring when comparing the modified technique (5.0 ± 2.2 mm) with the classical technique (4.4 ± 3.3 mm) ($p = 0.38$).

Clinical outcome

The VAS pain of the modified technique subgroup was not significantly inferior to the classical technique subgroup (2.4 ± 4.3 vs. 2.6 ± 2.5; $p = 0.47$) (Fig. 2A). Additionally, no significant inferiority was observed in VAS satisfaction between the modified technique and the classical technique (8.8 ± 1.8 vs. 9.0 ± 1.0; $p = 0.42$) (Fig. 2B). The Majeed score was 90.0 ± 12.5 for patients who underwent the classical technique and 82.0 ± 12.6 for patients who underwent the modified technique, without a significant inferiority ($p = 0.17$) (Fig. 2C).

Discussion

Percutaneous, intramedullary, transpubic screw fixation of superior pubic ramus fractures can be challenging due to a narrow and curved screw corridor. Suzuki et al. revealed in a CT-based anatomic study that the mean diameter of the screw canal is only 10.7 mm for women and 13.5 mm for men at the narrowest point in Japanese individuals. In women the smallest diameter measured was 7.3 mm. Additionally, Suzuki et al. also demonstrated that the urinary bladder and iliac vessels are located in close proximity to the transpubic screw corridor, which results in a high risk for injuries to these structures or for penetration of the acetabulum, especially if the screw corridor is narrow [25]. In another study with CT-based 3D pelvic models of Chinese patients the mean diameter of the screw corridor was only 7.54 mm for men and 6.23 mm for women [34]. Another CT-based morphometric study of Arab patients revealed a median transpubic screw corridor of 7.35 mm for men and 4.75 mm for women. This study also revealed that the distance of the corridor to the acetabulum was smaller in women than in men, which carries a higher risk of penetration of the joint in women [28].

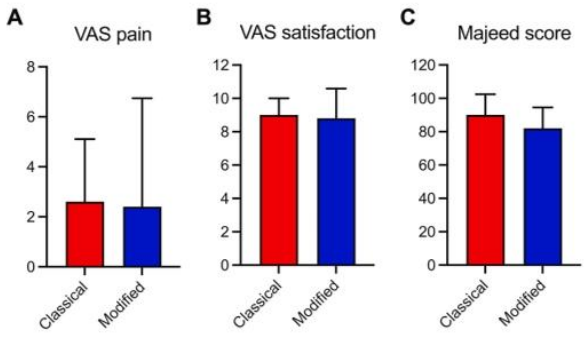


Fig. 2. Short-term clinical outcome assessed by VAS pain **(A)**, VAS satisfaction **(B)** and Majeed score **(C)** for the subgroups using the classical technique or the modified technique with a pre-bent guidewire for transpubic screw fixation.

These narrow corridor diameters, especially in female patients, would only allow the use of a 4.5 mm transpubic screw. Consistently, Zhao et al. demonstrated that the insertion of a 4.5 mm screw is possible in 80.6 % of Chinese females using a CT-based automated technique, whereas a 6.5 mm screw is only possible to insert in 19.4 % of the females [35]. However, Lucas et al. demonstrated that a 4.5 mm screw has a lower biomechanical stiffness and load to failure compared to a 7.0 mm screw, especially with short screw lengths [36]. For this reason, we regularly intend to use screws with a diameter of 6.5 mm or more for the fixation of the superior pubic ramus [28]. Using a 3D statistical model, Arand et al. demonstrated that only in 185 of 300 superior pubic rami (approximately 62 %) a transpubic screw corridor with a diameter of ≥ 7.5 mm was available. These data imply that, in approximately one-third-of patients, the placement of a transpubic screw would not be adequate, especially in female patients. The smallest diameter was located at the pubic ramus itself and at the periacetabular region, indicating a high risk of cortical perforation at these locations in the case of a small corridor [26].

In difficult, narrow and curved transpubic corridors reorientation of the guidewire is often necessary to navigate around the anatomical obstacles. However, adjusting the orientation of the guidewire is difficult or even impossible once the guidewire has perforated the first bone cortex. The rationale behind the modified ESIN-like technique for transpubic screw insertion presented here was to solve the problem of a screw corridor that is too narrow and/or particularly curved. The idea of the modified technique was to improve reorientation of the guidewire through the transpubic corridor. For this reason, our modified technique involves the slight bending of the tip of the guidewire like an ESIN wire. This allows to repeatedly reorientate the pre-bent guidewire within the transpubic corridor passing any anatomical curves without perforating the acetabular joint or the pubic ramus. Analogous to the principle of ESIN, the precise orientation of the guidewire with the modified technique presented here is achieved by rotating and advancing the bent tip of the guidewire using a standard chuck with T-handle [37,38].

We observed that the 6.5 mm screws, which were inserted over the pre-bent guidewire, got slightly bent after insertion into curved canals. Especially in osteoporotic bone, there is a theoretical risk of secondary breaking out and perforation of the screw due to the insertion of a straight screw into a curved canal. The purpose of this study was to investigate potential complications arising from the bending forces applied to the screws. This pilot study revealed that there was no screw mispositioning and no perforation of the acetabular joint. One secondary migration of the transpubic screw was observed in one patient with the modified technique. However, in this case the fracture had healed completely and the patient was not disturbed by the screw head. As a result, no hardware removal was necessary and thus the clinical relevance of the screw migration remains questionable in this particular case. Moreover, in the case of a slight screw bending a notably high screw purchase could be noticed. An important point to note for the modified technique is to avoid excessive bending of the guidewire tip, in order to be able to retract the pre-bent guidewire through the inserted screw. We have not yet experienced any problems with a stuck or broken guidewire or any difficulties during retrieval. Another remark regarding the modified technique is that it allows for reduction of minimally to moderately displaced fractures by using the pre-bent guidewire: This finding leads to an increase of cases at our institutions, in which fully percutaneous screw fixation of pelvic ring fractures is made possible. However, obese patients remain a challenge, as their contralateral thigh impairs precise guidewire orientation, even with the modified technique presented here [39].

We demonstrated in this retrospective, non-inferiority, pilot study that the modified technique using a pre-bent guidewire is not significantly inferior for screw malposition (no malposition or cortical perforation was observed), radiological reduction quality (rated as excellent in 40 % and good in 60 % according to Matta with a mean residual displacement of 4.4 mm), and short-term clinical outcome (mean VAS

pain of 2.4, mean VAS satisfaction of 8.8 and mean Majeed score of 82) compared to the classical technique. In other studies investigating modified and traditional techniques for superior pubic ramus screws, there were complication rates of 2.8 % to 18.8 % and fixation failure rates of approximately 15 %, which are comparable to our pilot study with a small sample size. Matta scores (excellent in 43.8 % - 44.4 % and good in 36.1 - 37.5 % of cases) and Majeed scores (excellent (>85) in 62.5 % - 81.3 % and good (70–84) in 18.7 % - 37.5 %) reported in other studies about retrograde transpubic screw fixation were also comparable to our pilot study [32,40–42].

Since the first description of the retrograde medullary superior pubic ramus screw by Routt et al. in 1995, several modifications of the transpubic screw insertion technique have been described in the literature. One of the simplest modifications was described by Tosounidis and Giannoudis. For their reverse guidewire trick, the guidewire is reinserted with the bunt end, suggesting that the guidewire will be self-redirected within the transpubic canal without perforation [43]. Weatherby et al. introduced the so called retrograde-antegrade-retrograde technique to manage a superior pubic ramus with a marked curvature. In this technique, after an initial frustrating retrograde insertion of the guidewire, the wire is inserted antegrade, unthreaded via the retrograde starting point and the retrograde screw is then inserted over this guidewire [44]. However, this technique requires an additional incision and is therefore time consuming and invasive. Mosheiff et al. introduced a technical trick for narrow and difficult anatomical variations of the transpubic corridor. In their technique, a temporary 6.5 mm screw is advanced in the medial fragment upon the fracture over the initially inserted guidewire. Afterwards, this temporary screw with a connected screw driver can be used as a maneuvering device facilitating fracture reduction and guidewire orientation [27]. However, this technique could be difficult in medial superior pubic ramus fractures and in osteoporotic bone, where the purchase of the temporary screw could be low, resulting in the risk of breakout. Wang et al. presented a modified technique for inserting the guidewire for a percutaneous superior pubic ramus screw using a hollow pedicle finder, especially to facilitate the reduction of displaced pubic ramus fractures and to facilitate the adjustment of the guidewire orientation. They observed a decreased operative time, blood loss and complication rate compared to the traditional technique, with no difference in healing time, reduction quality and Matta score between the groups [40]. As stated above, we also believe that the modified ESIN-like technique presented here would facilitate the reduction of the fracture fragments in the case of a moderate displacement. Fracture reduction of the superior pubic ramus can then be achieved via an intramedullary reduction effect, as also stated by Wang et al. and Mosheiff et al. [27,40]. Scolaro and Routt published a technical note with a comparable modification using a bent blunt wire to correct a misdirected antegrade superior pubic screw [30]. Recently, David et al. refined this modified technique and presented a so-called *Metaizeau trick*, which is also comparable to our modified ESIN-like technique but for an antegrade placement of a superior pubic ramus screws. In their technical note, they described how to use a 2.5 mm titanium Metaizeau nail with a bent tip as a guidewire for antegrade screw placement in the transpubic corridor [45]. However, the literature reports that even with this technique of a blunt bent tip of the wire, some patients could not be successfully treated with a superior pubic ramus screw [44].

It could be considered not only using an ESIN-like modified technique for the insertion of a transpubic screw, but also to stabilize superior pubic ramus fractures using an ESIN nail instead of a screw. This would simplify the modified technique presented here and make it more straightforward by allowing a well inserted, pre-bent wire to be left in place to stabilize the fracture instead of being replaced by a screw. Scherer et al. recently demonstrated in an in vitro biomechanical study, that fixation of a superior pubic ramus fracture using ESIN provides a comparable construct survival and fracture displacement compared to a retrograde transpubic screw [46]. There is also one study that investigated the use of an ESIN nail for fixation of superior pubic ramus fractures with a finite element analysis and a case-control study. It was shown that stabilizing a superior pubic ramus fracture with a 3.5 mm ESIN provides comparable displacement and stress values of the pelvis compared to a 7.3 mm retrograde transpubic screw in a simulated APC-II pelvic injury model with an additional SI screw. In the case-control study, using an ESIN nail resulted in a shorter operation time, a shorter time of fluoroscopy, and a higher one-time success rate compared to classical retrograde transpubic screw fixation. There was no significant difference between ESIN and retrograde transpubic screw fixation regarding time to fracture union, functional Majeed score and complication rate (one superficial wound infection in each group) [41]. This case series with promising clinical results when using ESIN for superior pubic ramus fractures may be the starting point for larger studies to further investigate the value and benefit of ESIN as a fracture fixation tool for pubic ramus fractures.

There are some limitations that must be considered when interpreting this study. Although the sample size of five patients per group meets the a priori sample size calculation and is comparable to other studies investigating modified techniques for transpubic screws [44], this is a non-inferiority pilot study with a limited sample size and follow-up period. The aim of this study was to focus on describing the modified technique for transpubic screws and to present first clinical data, rather than investigating long-term radiological and clinical data on the complex treatment strategies for pelvic ring fractures. However, further studies with a larger sample sizes and longer follow-ups are necessary to examine the significance of the modified ESIN-like technique for the insertion of a transpubic screw.

Conclusion

The modified, ESIN-like technique for retrograde transpubic screw fixation using a pre-bent guidewire can help to effectively manage a narrow and/or too curved transpubic corridor for screw fixation of superior pubic ramus fractures and is not inferior compared to the classical technique. Despite the small sample size in this pilot study, the results provide a positive outlook for the future of this technique, whose significance needs to be further evaluated in larger studies, also considering various individual patient factors. Finally, it is important to understand every patient's individual pelvic ring anatomy and injury in order to perform this modified technique safely and effectively.

Compliance with ethical standards

Ethical approval

This retrospective pilot study involving human participants was in accordance with the ethical standards of the institutional and national research committee and with the 1964 Helsinki Declaration and its later amendments or comparable ethical standards. The local Ethics Committee of the Hamburg Medical Association approved this study (2023–101151-BO-ff).

Informed consent

Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

Availability of data and materials

The datasets used and analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Funding

No funds, grants, or other support was received for conducting this

study.

CRediT authorship contribution statement

Nico Hinz: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Visualization, Writing – original draft. **Alena Seffert:** Formal analysis, Investigation, Visualization, Writing – original draft. **Darius Thiesen:** Conceptualization, Methodology, Project administration, Supervision, Writing – review & editing. **Esko Meine:** Conceptualization, Methodology, Writing – review & editing. **Mohamad Hadi Nasri:** Conceptualization, Methodology, Writing – review & editing. **Karl-Heinz Frosch:** Project administration, Supervision, Writing – review & editing. **Maximilian Hartel:** Conceptualization, Methodology, Project administration, Supervision, Writing – review & editing.

Declaration of competing interest

The authors have no competing interests to declare that are relevant to the content of this article.

Acknowledgements

None.

References

[1] Rupp M, Walter N, Pfeifer C, Lang S, Kerschbaum M, Krutsch W, et al. The incidence of fractures among the adult population of Germany-an analysis from 2009 through 2019. Dtsch Arztebl Int 2021;118(40):665–9. https://doi.org/10.3238/arztebl.m2021.0238.

[2] Kuper MA, Trulson A, Stuby FM, Stockle U. Pelvic ring fractures in the elderly. EFORT Open Rev 2019;4(6):313–20. https://doi.org/10.1302/2058-5241.4.180062.

[3] Rommens PM, Hofmann A. Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: recommendations for surgical treatment. Injury 2013;44(12):1733–44. https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.06.023.

[4] Rommens PM, Wagner D, Hofmann A. Fragility fractures of the pelvis. JBJS Rev 2017;5(3). https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.16.00057.

[5] Mardanpour K, Rahbar M. The outcome of surgically treated traumatic unstable pelvic fractures by open reduction and internal fixation. J Inj Violence Res 2013;5(2):77–83. https://doi.org/10.5249/jivr.v5i2.138.

[6] Rommens PM, Arand C, Hofmann A, Wagner D. When and how to operate fragility fractures of the pelvis? Indian J Orthop 2019;53(1):128–37. https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_631_17.

[7] Rommens PM, Hofmann A, Kraemer S, Kisilak M, Boudissa M, Wagner D. Operative treatment of fragility fractures of the pelvis: a critical analysis of 140 patients. Eur J Trauma Emerg Surg 2022;48(4):2881–96. https://doi.org/10.1007/s00068-021-01799-6.

[8] Wojahn RD, Gardner MJ. Fixation of anterior pelvic ring injuries. J Am Acad Orthop Surg 2019;27(18):667–76. https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00839.

[9] Matta JM. Indications for anterior fixation of pelvic fractures. Clin Orthop Relat Res 1996. https://doi.org/10.1097/00003086-199608000-00011. 10.1097/00003086-199608000-00011(329): 88-96.

[10] Rommens PM, Graafen M, Arand C, Mehling I, Hofmann A, Wagner D. Minimal-invasive stabilization of anterior pelvic ring fractures with retrograde transpubic screws. Injury 2020;51(2):340–6. https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.12.018.

[11] Jazini E, Klocke N, Tannous O, Johal HS, Hao J, Salloum K, et al. Does lumbopelvic fixation add stability? A cadaveric biomechanical analysis of an unstable pelvic fracture model. J Orthop Trauma 2017;31(1):37–46. https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000703.

[12] Sagi HC, Ordway NR, DiPasquale T. Biomechanical analysis of fixation for vertically unstable sacroiliac dislocations with iliosacral screws and symphyseal plating. J Orthop Trauma 2004;18(3):138–43. https://doi.org/10.1097/00005131-200403000-00002.

[13] Yin Y, Luo J, Zhang R, Li S, Jiao Z, Zhang Y, et al. Anterior subcutaneous internal fixator (INFIX) versus plate fixation for pelvic anterior ring fracture. Sci Rep 2019;9(1):2578. https://doi.org/10.1038/s41598-019-39068-7.

[14] Oh HK, Choo SK, Kim JJ, Lee M. Stoppa approach for anterior plate fixation in unstable pelvic ring injury. Clin Orthop Surg 2016;8(3):243–8. https://doi.org/10.4055/cios.2016.8.3.243.

[15] Herteleer M, Boudissa M, Hofmann A, Wagner D, Rommens PM. Plate fixation of the anterior pelvic ring in patients with fragility fractures of the pelvis. Eur J Trauma Emerg Surg 2022;48(5):3711–9. https://doi.org/10.1007/s00068-021-01625-z.

[16] Horlesberger N, Hohenberger G, Grechenig P, Schwarz A, Grechenig C, Ornig M, et al. Danger zone - the spermatic cord during anterior plating of the symphysis pubis. Injury 2022;53(2):519–22. https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.09.045.

[17] Ismail HD, Djaja YP, Fiolin J. Minimally invasive plate osteosynthesis on anterior pelvic ring injury and anterior column acetabular fracture. J Clin Orthop Trauma 2017;8(3):232–40. https://doi.org/10.1016/j.jcot.2017.06.007.

[18] Eastman JG, Chip Routt Jr ML. Intramedullary fixation techniques for the anterior pelvic ring. J Orthop Trauma 2018;32(Suppl 6):S4–13. https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001250.

[19] Routt Jr ML, Simonian PT, Grujic L. The retrograde medullary superior pubic ramus screw for the treatment of anterior pelvic ring disruptions: a new technique. J Orthop Trauma 1995;9(1):35–44. https://doi.org/10.1097/00005131-199502000-00006.

[20] Cole PA, Dyskin EA, Gilbertson JA. Minimally-invasive fixation for anterior pelvic ring disruptions. Injury 2015;46(Suppl 3):S27–34. https://doi.org/10.1016/S0020-1383(15)30008-5.

[21] Rommens PM, Wagner D, Hofmann A. Surgical management of osteoporotic pelvic fractures: a new challenge. Eur J Trauma Emerg Surg 2012;38(5):499–509. https://doi.org/10.1007/s00068-012-0224-8.

[22] Zhu Z, Tan B, Wei D, Tang X, Yuan J, Hu J, et al. Percutaneous robot-assisted screw fixation for nondisplaced pelvic fractures: a good choice? Int Orthop 2023;47(6):1601–8. https://doi.org/10.1007/s00264-023-05794-x.

[23] McLachlin S, Lesieur M, Stephen D, Kreder H, Whyne C. Biomechanical analysis of anterior ring fixation of the ramus in type C pelvis fractures. Eur J Trauma Emerg Surg 2018;44(2):185–90. https://doi.org/10.1007/s00068-017-0788-4.

[24] Zhao Y, Ma Y, Zou D, Sun X, Cheng G, Lian W, et al. Biomechanical comparison of three minimally invasive fixations for unilateral pubic rami fractures. BMC Musculoskelet Disord 2020;21(1):594. https://doi.org/10.1186/s12891-020-03604-8.

[25] Suzuki T, Soma K, Shindo M, Minehara H, Itoman M. Anatomic study for pubic medullary screw insertion. Journal of Orthopaedic Surgery 2008;16(3):321–5. https://doi.org/10.1177/230949900801600311.

[26] Arand C, Wagner D, Richards RG, Noser H, Kamer L, Gehweiler D, et al. Anatomical evaluation of the transpubic screw corridor based on a 3D statistical model of the pelvic ring. Sci Rep 2021;11(1):16677. https://doi.org/10.1038/s41598-021-96219-5.

[27] Mosheiff R, Liebergall M. Maneuvering the retrograde medullary screw in pubic ramus fractures. J Orthop Trauma 2002;16(8):594–6. https://doi.org/10.1097/00005131-200209000-00009.

[28] Jarragh A, Lari A, Shaikh M. A computed tomography (CT) based morphometric study of superior pubic ramus anatomy among Arabs to determine safe intramedullary pubic rami screw insertion. Surg Radiol Anat 2023;45(5):603–9. https://doi.org/10.1007/s00276-023-03128-5.

[29] Green A, Feldman G, Moore DS, Ashikyan O, Sims GC, Sanders D, et al. Identifying safe corridors for anterior pelvic percutaneous instrumentation using computed tomography-based anatomical relationships. Injury 2022;53(10):3390–3. https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.06.026.

[30] Scolaro JA, Routt ML. Intraosseous correction of misdirected cannulated screws and fracture malalignment using a bent tip 2.0 mm guidewire: technique and indications. Arch Orthop Trauma Surg 2013;133(7):883–7. https://doi.org/10.1007/s00402-013-1740-7.

[31] Thiesen DM, Althoff G, Strahl A, Rolvien T, Frosch KH, Hartel MJ. Prospektive randomisierte evaluation der sakrum-fraktur beim alten patienten – pres studie. Berlin, Germany: German Congress of Orthopaedics and Traumatology; 2021.

[32] Starr AJ, Nakatani T, Reinert CM, Cederberg K. Superior pubic ramus fractures fixed with percutaneous screws: what predicts fixation failure? J Orthop Trauma 2008;22(2):81–7. https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318162ab6e.

[33] Matta JM, Tornetta P. Internal fixation of unstable pelvic ring injuries. Clin Orthop Relat Res 1996. https://doi.org/10.1097/00003086-199608000-00016. 10.1097/00003086-199608000-00016(329): 129-40.

[34] Meng H, Wang A, Wenjing XU, Wang Y, Quanyi GUO, Peng J, et al. Digital anatomical parameters of retrograde screw placement for superior pubic ramus fractures. Academic J Chin PLA Med Sch 2018;39(6):520–2. https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-5227.2018.06.016. 50.

[35] Zhao JX, Chen H, Dong M, Ju F, Lyu H, Zhang LC, et al. Dependable automated approach for measuring the retrograde superior Ramus screw corridor in pelvic fracture fixation. J Bone Joint Surg Am 2024. https://doi.org/10.2106/JBJS.23.00695. 10.2106/JBJS.23.00695.

[36] Lucas JF, Chip Routt Jr ML, Eastman JG. Biomechanical analysis of retrograde superior Ramus screw fixation constructs. J Orthop Trauma 2021;35(4):187–91. https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001951.

[37] Vasilescu DE, Cosma D. Elastic stable intramedullary nailing for fractures in children - principles, indications, surgical technique. Clujul Med 2014;87(2):91–4. https://doi.org/10.15386/cjmed-274.

[38] Hunter JB. The principles of elastic stable intramedullary nailing in children. Injury 2005;36(Suppl 1):A20–4. https://doi.org/10.1016/j.injury.2004.12.009.

[39] Yi C, Burns S, Hak DJ. Intraoperative fluoroscopic evaluation of screw placement during pelvic and acetabular surgery. J Orthop Trauma 2014;28(1):48–56. https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318288c0c3.

[40] Wang H, Wu G, Chen CY, Qiu YY, Xie Y. Percutaneous screw fixation assisted by hollow pedicle finder for superior pubic ramus fractures. BMC Surg 2022;22(1):216. https://doi.org/10.1186/s12893-022-01659-z.

[41] Xia W, Jiang H, Tao E, Ye J, Wang F, Wang X, et al. Comparison of ESIN and other minimally invasive techniques for anterior pelvic ring injury: a finite element analysis and case-control study. Int J Surg 2024;110(5):2636–48. https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001137.

[42] Comadoll SM, Matuszewski PE, Liu B, Scott A, Cooper C, Scott B, et al. Factors associated with failure of superior pubic Ramus screws. J Orthop Trauma 2021;35(4):181–6. https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001973.

[43] Tosounidis TH, Giannoudis PV. Reverse guide wire' technique for placement of anterior column/superior pubic ramus screw in pelvis and acetabular surgery. Ann R Coll Surg Engl 2018;100(5):418. https://doi.org/10.1308/rcsann.2017.0198.
[44] Weatherby DJ, Chip Routt Jr ML, Eastman JG. The retrograde-antegrade-retrograde technique for successful placement of a retrograde superior Ramus screw. J Orthop Trauma 2017;31(7):e224–e9. https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000849.
[45] David G., Rony L., Moullac D., Letissier H., Di Francia R. The "Metaizeau trick" to facilitate medullary pubic ramus screw insertion: a technical note. *Orthop Traumatol Surg Res* 2024;110(5): 103879. https://doi.org/10.1016/j.otsr.2024.103879.
[46] Scherer J, Youssef Y, Wendler T, Fischer B, Schleifenbaum S, Osterhoff G. Comparison of elastic stable intramedullary nailing versus retrograde screw fixation for pubic ramus fractures-a biomechanical study. Eur J Trauma Emerg Surg 2025;51(1):129. https://doi.org/10.1007/s00068-025-02791-0.

3. Zusammenfassung

Die retrograde transpubische Schraubenosteosynthese kann bei anatomisch engen oder stark gekrümmten transpubischen Korridoren erschwert oder unmöglich sein. Zur Überwindung dieser anatomischen Schwierigkeiten wurde die in dieser Studie dargestellte modifizierte ESIN-ähnliche Technik mit vorgebogenem Führungsdraht entwickelt. Ziel der Studie, war die Bewertung der Nicht-Unterlegenheit gegenüber der klassischen Methode. Es handelt sich um eine retrospektive Pilotstudie, in die im Zeitraum von 01/2024 bis 04/2024 zehn Patienten eingeschlossen wurden. Dabei wurden demografische Daten, radiologische Ergebnisse (Matta-Kriterien), Komplikationen und funktionelle Ergebnisse (VAS-Schmerz und - Zufriedenheit, Majeed-Score) verglichen. Die modifizierte Technik zeigte keine höhere Komplikationsrate (p = 0,50). Auch die radiologischen Ergebnisse (Restdislokation modifiziert: 5,0 mm; klassisch 4,4 mm; p = 0,38) und die klinischen Ergebnisse (VAS-Schmerz: p = 0,47; VAS-Zufriedenheit: p = 0,42, Majeed-Score: p = 0,17) der modifizierten Technik waren der klassischen Technik nicht signifikant unterlegen. Die modifizierte, ESIN-ähnliche Technik mit vorgebogenem Führungsdraht ist somit eine sichere und praktische Alternative zur klassischen, retrograden Schraubenosteosynthese bei stark gebogenem oder engem transpubischen Korridor. Sie erweitert das minimalinvasive Spektrum, ohne die Komplikationsrate zu erhöhen.

Retrograde transpubic screw osteosynthesis can be difficult or even impossible due to narrow or severely curved transpubic corridors. To overcome these anatomic difficulties this modified ESIN-like with a pre-bent guidewire was developed. The aim of this study was to evaluate non-inferiority to the classical method. This is a retrospective pilot study including ten patients between 01/2024 and 04/2024. Demographic data, radiological outcome (Matta criteria), complications, and functional outcome (VAS pain and satisfaction, Majeed score) were compared. The complication rate of the modified technique was not significantly inferior to that of the classical technique (p = 0,50). Radiological outcomes (remaining dislocation modified: 5.0 mm; classical 4.4 mm; p = 0.38) and clinical outcomes (VAS pain: p = 0.47; VAS satisfaction: p = 0.42, Majeed score: p = 0.17) of the modified technique were not significantly inferior to those of the classical technique. Therefore, the modified technique was not significantly inferior to the classical technique in any aspect examined. The modified, ESIN-like technique using a pre-bent guidewire is therefore a safe and practical alternative to classical retrograde screw osteosynthesis in cases with a severely curved or narrow corridor. It expands the spectrum of minimally invasive techniques without increasing the rate of complications.

4. Literaturverzeichnis

Arand, C. *et al.* (2021) 'Anatomical evaluation of the transpubic screw corridor based on a 3D statistical model of the pelvic ring', *Scientific Reports*, 11(1), p. 16677. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-021-96219-5.

Balogh, Z. *et al.* (2007) 'The Epidemiology of Pelvic Ring Fractures: A Population-Based Study', *Journal of Trauma: Injury, Infection & Critical Care*, 63(5), pp. 1066–1073. Available at: https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181589fa4.

Boskey, A.L. and Imbert, L. (2017) 'Bone quality changes associated with aging and disease: a review', *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1410(1), pp. 93–106. Available at: https://doi.org/10.1111/nyas.13572.

Coccolini, F. *et al.* (2017) 'Pelvic trauma: WSES classification and guidelines', *World Journal of Emergency Surgery*, 12(1), p. 5. Available at: https://doi.org/10.1186/s13017-017-0117-6.

Cole, P.A., Dyskin, E.A. and Gilbertson, J.A. (2015) 'Minimally-invasive fixation for anterior pelvic ring disruptions', *Injury*, 46, pp. S27–S34. Available at: https://doi.org/10.1016/S0020-1383(15)30008-5.

Cosma, D. and Vasilescu, D.E. (2014) 'Elastic stable intramedullary nailing for fractures in children – specific applications', *Medicine and Pharmacy Reports*, 87(3), pp. 147–151. Available at: https://doi.org/10.15386/cjmed-275.

Eastman, J.G., Kuehn, R.J. and Chip Routt, M.L. (2018) 'Useful Intraoperative Technique for Percutaneous Stabilization of Bilateral Posterior Pelvic Ring Injuries', *Journal of Orthopaedic Trauma*, 32(5), pp. e191–e197. Available at: https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001047.

Fensky, F. *et al.* (2021) 'Biomechanical analysis of anterior pelvic ring fractures with intact peripelvic soft tissues: a cadaveric study', *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 47(1), pp. 187–193. Available at: https://doi.org/10.1007/s00068-019-01213-2.

Green, A. *et al.* (2022) 'Identifying safe corridors for anterior pelvic percutaneous instrumentation using computed tomography-based anatomical relationships', *Injury*, 53(10), pp. 3390–3393. Available at: https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.06.026.

Grubor, P. *et al.* (2011) 'Selection of treatment method for pelvic ring fractures', *Medicinski Arhiv*, 65(5), pp. 278–282. Available at: https://doi.org/10.5455/medarh.2011.65.278-282.

Haleem, S. *et al.* (2023) 'Mortality following hip fracture: Trends and geographical variations over the last SIXTY years', *Injury*, 54(2), pp. 620–629. Available at: https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.12.008.

Herteleer, M. *et al.* (2022) 'Plate fixation of the anterior pelvic ring in patients with fragility fractures of the pelvis', *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 48(5), pp. 3711–3719. Available at: https://doi.org/10.1007/s00068-021-01625-z.

Hunter, J.B. (2005) 'The principles of elastic stable intramedullary nailing in children', *Injury*, 36(1), pp. S20–S24. Available at: https://doi.org/10.1016/j.injury.2004.12.009.

Jarragh, A., Lari, A. and Shaikh, M. (2023) 'A computed tomography (CT) based morphometric study of superior pubic ramus anatomy among Arabs to determine safe intramedullary pubic rami

screw insertion', *Surgical and Radiologic Anatomy*, 45(5), pp. 603–609. Available at: https://doi.org/10.1007/s00276-023-03128-5.

Kjeldgaard, H.K. *et al.* (2025) 'Forecasting the burden of hip fracture in Norway towards 2050 by educational level: The Norwegian Epidemiologic Osteoporosis Studies (NOREPOS)', *Scandinavian Journal of Public Health*, p. 14034948251325760. Available at: https://doi.org/10.1177/14034948251325760.

Küper, M.A. *et al.* (2019) 'Pelvic ring fractures in the elderly', *EFORT Open Reviews*, 4(6), pp. 313–320. Available at: https://doi.org/10.1302/2058-5241.4.180062.

Lucas, J.F., Chip Routt, M.L. and Eastman, J.G. (2021) 'Biomechanical Analysis of Retrograde Superior Ramus Screw Fixation Constructs', *Journal of Orthopaedic Trauma*, 35(4), pp. 187–191. Available at: https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001951.

Matta, J.M. and Tornetta, P. (1996) 'Internal Fixation of Unstable Pelvic Ring Injuries':, *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 329, pp. 129–140. Available at: https://doi.org/10.1097/00003086-199608000-00016.

Mosheiff, R. and Liebergall, M. (2002) 'Maneuvering the Retrograde Medullary Screw in Pubic Ramus Fractures':, *Journal of Orthopaedic Trauma*, 16(8), pp. 594–596. Available at: https://doi.org/10.1097/00005131-200209000-00009.

Pereira, G.J.C. *et al.* (2017) 'Epidemiology of pelvic ring fractures and injuries', *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*, 52(3), pp. 260–269. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rboe.2017.05.012.

Rommens, P.M. *et al.* (2020) 'Minimal-invasive stabilization of anterior pelvic ring fractures with retrograde transpubic screws', *Injury*, 51(2), pp. 340–346. Available at: https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.12.018.

Rommens, P.M. *et al.* (2022) 'Operative treatment of fragility fractures of the pelvis: a critical analysis of 140 patients', *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 48(4), pp. 2881–2896. Available at: https://doi.org/10.1007/s00068-021-01799-6.

Rommens, P.M. and Hofmann, A. (2013) 'Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: Recommendations for surgical treatment', *Injury*, 44(12), pp. 1733–1744. Available at: https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.06.023.

Rommens, P.M., Wagner, D. and Hofmann, A. (2012) 'Surgical management of osteoporotic pelvic fractures: a new challenge', *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 38(5), pp. 499–509. Available at: https://doi.org/10.1007/s00068-012-0224-8.

Rommens, P.M., Wagner, D. and Hofmann, A. (2017) 'Fragility Fractures of the Pelvis', *JBJS Reviews*, 5(3). Available at: https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.16.00057.

Routt, M.L.C., Simonian, P.T. and Grujic, L. (1995) 'Preliminary Report: The Retrograde Medullary Superior Pubic Ramus Screw for the Treatment of Anterior Pelvic Ring Disruptions: A New Technique':, *Journal of Orthopaedic Trauma*, 9(1), pp. 35–44. Available at: https://doi.org/10.1097/00005131-199502000-00006.

Rupp, M. *et al.* (2021) 'The incidence of fractures among the adult population of Germany', *Deutsches Ärzteblatt international* [Preprint]. Available at: https://doi.org/10.3238/arztebl.m2021.0238.

Soles, G.L.S. and Ferguson, T.A. (2012) 'Fragility fractures of the pelvis', *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 5(3), pp. 222–228. Available at: https://doi.org/10.1007/s12178-012-9128-9.

Suzuki, T. *et al.* (2008) 'Anatomic Study for Pubic Medullary Screw Insertion', *Journal of Orthopaedic Surgery*, 16(3), pp. 321–325. Available at: https://doi.org/10.1177/230949900801600311.

Tosounidis, T. and Giannoudis, P. (2018) '"Reverse guide wire" technique for placement of anterior column/superior pubic ramus screw in pelvis and acetabular surgery', *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, 100(5), pp. 418–418. Available at: https://doi.org/10.1308/rcsann.2017.0198.

Tosounidis, T.H., Mauffrey, C. and Giannoudis, P.V. (2018) 'Optimization of technique for insertion of implants at the supra-acetabular corridor in pelvis and acetabular surgery', *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 28(1), pp. 29–35. Available at: https://doi.org/10.1007/s00590-017-2007-8.

Vaidya, R. *et al.* (2012) 'Treatment of Unstable Pelvic Ring Injuries With an Internal Anterior Fixator and Posterior Fixation: Initial Clinical Series', *Journal of Orthopaedic Trauma*, 26(1), pp. 1–8. Available at: https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318233b8a7.

Vrahas, M. *et al.* (1995) 'LIGAMENTOUS CONTRIBUTIONS TO PELVIC STABILITY', *Orthopedics*, 18(3), pp. 271–274. Available at: https://doi.org/10.3928/0147-7447-19950301-09.

Wang, H. *et al.* (2022) 'Percutaneous screw fixation assisted by hollow pedicle finder for superior pubic ramus fractures', *BMC Surgery*, 22(1), p. 216. Available at: https://doi.org/10.1186/s12893-022-01659-z.

Weatherby, D.J., Chip Routt, M.L. and Eastman, J.G. (2017) 'The Retrograde-Antegrade-Retrograde Technique for Successful Placement of a Retrograde Superior Ramus Screw', *Journal of Orthopaedic Trauma*, 31(7), pp. e224–e229. Available at: https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000849.

WHO World Health Organisation (2022) 'Ageing and health'. Available at: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health.

Wojahn, R.D. and Gardner, M.J. (2019) 'Fixation of Anterior Pelvic Ring Injuries', *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 27(18), pp. 667–676. Available at: https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00839.

Yin, Y. *et al.* (2019) 'Anterior subcutaneous internal fixator (INFIX) versus plate fixation for pelvic anterior ring fracture', *Scientific Reports*, 9(1), p. 2578. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-019-39068-7.

Zhao, J.-X. *et al.* (2024) 'Dependable Automated Approach for Measuring the Retrograde Superior Ramus Screw Corridor in Pelvic Fracture Fixation', *Journal of Bone and Joint Surgery*, 106(24), pp. 2356–2365. Available at: https://doi.org/10.2106/JBJS.23.00695.

5. Abkürzungsverzeichnis

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

BG: Berufsgenossenschaftlich

BMI: Body-Mass-Index

ESIN-Technik: Elastic Stable Intramedullary Nailing

FFP: Fragilitätsfrakturen des Beckens

OTA: Orthopaedic Trauma Association

SI: Sakroiliakal

VAS: Visuelle Analogskala

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Darstellung der Operation durch intraoperative Bildgebung

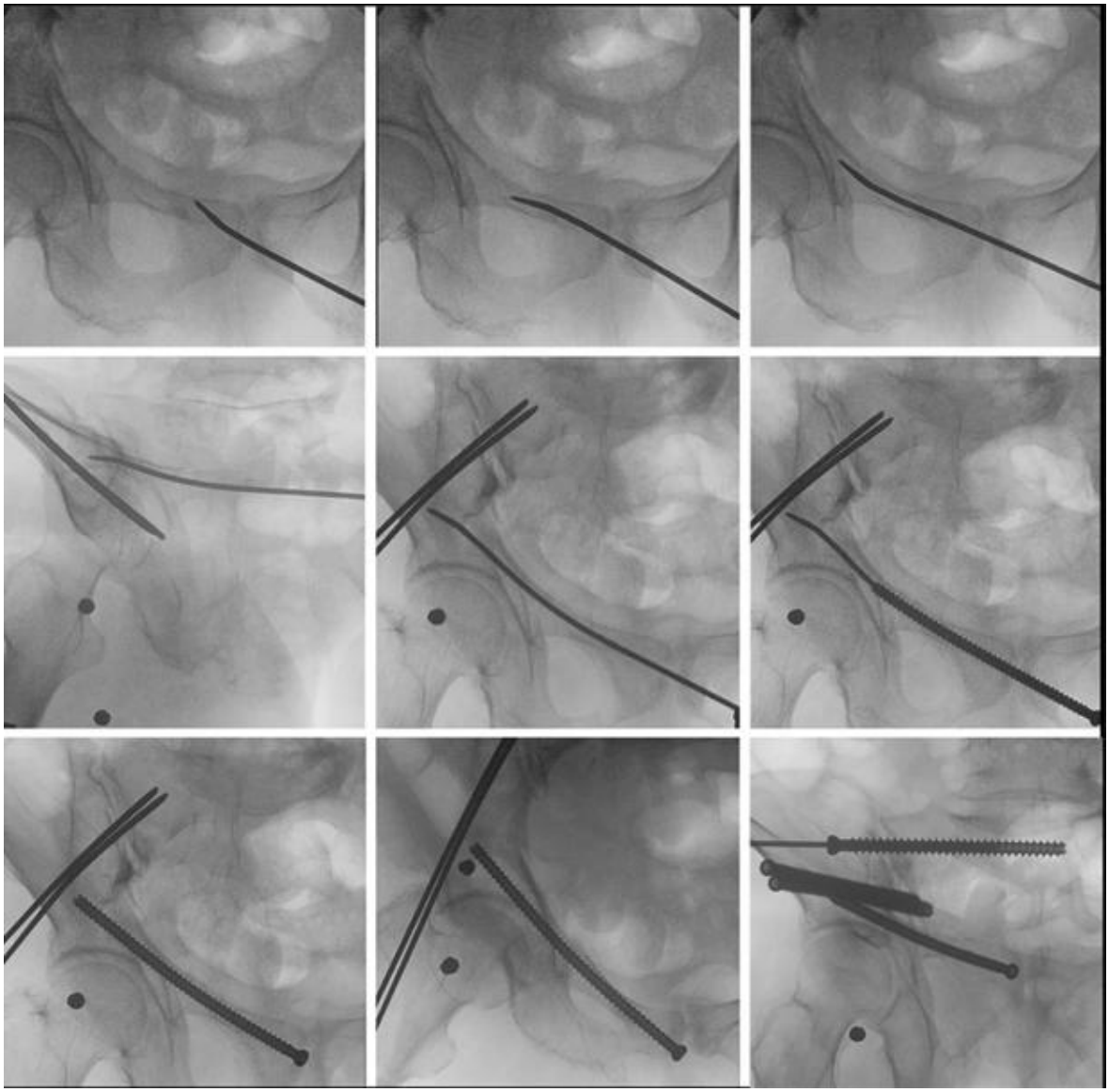
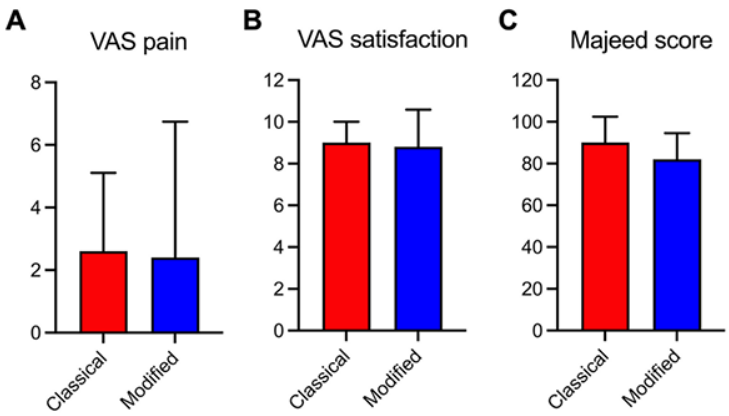


Abbildung 2 – Darstellung der Endpunkte für Schmerz, Zufriedenheit und Majeed-Score



7. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Ausgangsmerkmale

Variable	Klassische Technik (n = 5)	Modifizierte Technik (n = 5)	p-Wert
Alter	49,8 ± 28,0	64,6 ± 21,4	0,38
Geschlecht			0,52
Männlich	3 (60,0 %)	1 (20,0 %)	
Weiblich	2 (40,0 %)	4 (80,0 %)	
Körpergröße (cm)	176,8 ± 6,8	167,8 ± 8,2	0,10
Körpergewicht (kg)	79,2 ± 13,1	65,4 ± 9,1	0,12
BMI (kg/m²)	25,2 ± 2,6	23,4 ± 4,5	0,46
AO/OTA-Klassifikation			>0,99
61-B	3 (60,0 %)	2 (40,0 %)	
61-C	2 (40,0 %)	3 (60,0 %)	
Nakatani-Klassifikation			>0,99
II	2 (40,0 %)	2 (40,0 %)	
III	3 (60,0 %)	3 (60,0 %)	
Zusätzliche operative Maßnahmen			
SI-Schraube	5 (100 %)	4 (80,0 %)	0,71
Schraubenosteosynthese des Iliums	0	2 (40,0 %)	
Symphysenplattenosteosynthese	1 (20,0 %)	1 (20,0 %)	

Tabelle 2 – Radiologische Ergebnisse

Variable	Klassische Technik (n = 6)	Modifizierte Technik (n = 5)	p-Wert
Fehlposition der Schraube	0	0	–
Matta-Kriterien zur Repositionsqualität			0,65
Exzellent	2 (33,3 %)	2 (40,0 %)	
Gut	4 (66,6 %)	3 (60,0 %)	
Restdislokation (mm)	4,4 ± 3,3	5,0 ± 2,2	0,38

8. Erklärung des Eigenanteils

Die vorliegende Publikationspromotion basiert auf der oben genannten retrospektiven, Nicht-Unterlegenheits-Pilotstudie, die an der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf sowie am BG Klinikum Hamburg durchgeführt wurde. Den Hauptanteil der Arbeit habe ich, Alena Maria Seffert, eigenständig erbracht.

Hierzu zählten die Entwicklung der wissenschaftlichen Fragestellung und die Eingrenzung der relevanten Patientenkohorte in enger Abstimmung mit den betreuenden Ärzten und Operateuren. Ich war verantwortlich für die Erstellung der Projektskizze, die Definition der Ein- und Ausschlusskriterien sowie die Auswahl der erhobenen Parameter,

Ich habe die Datenerhebung vollständig selbst durchgeführt. Diese umfasste die systemische Aktenrecherche im jeweiligen Krankenhausinformationssystem, das Einpflegen in strukturierte Datensätze, sowie die Anonymisierung der Datensätze. Zusätzlich habe ich die radiologischen Bilddatensätze der Patienten (prä- und postoperative Röntgenbilder) eigenständig gesichtet, die Klassifikation der Frakturen vorgenommen und mit Hilfe der verwendeten Software die metrische Messung der Restdislokation durchgeführt. Dabei habe ich diese den Matta-Kriterien zugeordnet. Eine Datenerhebung mittels Telefoninterviews zur postoperativen klinischen Auswertung wurde ebenfalls vollständig von mir durchgeführt.

Ich führte zudem die statistische Auswertung der erhobenen Daten durch. Dies umfasste deskriptive Analysen, einen Vergleich der beiden Gruppen sowie die Interpretation der erhobenen Daten.

Die Erstellung des Manuskripts, inklusive Einleitung, Methodik, Ergebnisteil und Diskussion erfolgte gemeinsam mit dem anderen Erstautor. Hierbei führten wir eine systemische Literaturrecherche in der wissenschaftlichen Datenbank „PubMed“ durch.

Darüber hinaus habe ich die Ergebnisse der Studie im Rahmen des Deutschen Kongresses für Orthopädie und Unfallchirurgie 2025 als Vortrag präsentiert. Die Erstellung der Präsentation, einschließlich der Auswahl der Abbildungen, der Darstellung der Messergebnisse, sowie die begleitende Zusammenfassung erfolgten eigenständig in Rücksprache mit den betreuenden Ärzten.

Zusammenfassend umfasst mein persönlicher Beitrag alle wesentlichen wissenschaftlichen Arbeitsschritte: Konzeption, Datenerhebung, Messungen, statistische Auswertung, Interpretation der Ergebnisse und Verfassen des Manuskripts. Die Verantwortung für die wissenschaftliche Datenerhebung und deren Darstellung lag maßgeblich bei mir.

9. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe, insbesondere ohne entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten, 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. Das gilt insbesondere auch für alle Informationen aus Internetquellen.

Soweit beim Verfassen der Dissertation KI-basierte Tools („Chatbots“) verwendet wurden, versichere ich ausdrücklich, den daraus generierten Anteil deutlich kenntlich gemacht zu haben. Die „Stellungnahme des Präsidiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Einfluss generativer Modelle für die Text- und Bilderstellung auf die Wissenschaften und das Förderhandeln der DFG“ aus September 2023 wurde dabei beachtet.

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

Datum Unterschrift

10. Danksagung

Ich möchte mich abschließend bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben und mich auf diesem Weg begleitet und unterstützt haben.

Mein Dank gilt meinen offiziellen Betreuern, Dr. Darius Thiesen und Dr. Nico Hinz, für ihre formale Unterstützung im Rahmen dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank richtet sich an Dr. Nico Hinz, der einen wesentlichen Anteil an der fachlichen Begleitung dieser Arbeit hatte. Er unterstütze mich jederzeit mit großer Expertise, konstruktiven Vorschlägen und hilfreichen Anregung. Dabei stand er mir während des gesamten Arbeitsprozesses, von der Antragstellung über die Präsentation der Arbeit auf dem Kongress bis zur Fertigstellung dieser Dissertation, mit wertvoller Beratung stets zur Seite. Er ermöglichte zudem maßgeblich die Präsentation auf dem Deutschen Kongress für Unfallchirurgie und Orthopädie sowie die gemeinsame Veröffentlichung.

Ebenso möchte ich Dr. Maximilian Hartel meinen besonderen Dank aussprechen. Durch die von ihm entwickelte Operationsmethode wurde die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht. Darüber hinaus begleitete er die Präsentation der Ergebnisse auf dem Kongress und beantwortete dort fachliche Rückfragen, was maßgeblich zum erfolgreichen Austausch mit dem wissenschaftlichen Publikum beitrug.

Des Weiteren möchte ich Prof. Dr. Frosch danken, ohne dessen Unterstützung diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre und mit dem die Zusammenarbeit zwischen den beiden Kliniken in seiner Funktion als gemeinsamer Chefarzt hervorragend umzusetzen war.

Mein Dank gilt außerdem meiner Familie für ihren Rückhalt, ihre Unterstützung und ihre stetige Ermutigung während der gesamten Entstehungszeit dieser Arbeit.