Beckenverletzungen aktuell: Die Rolle des Fixateurs bei Ringinstabilitäten

Epidemiologie

Etwa 2–8 % aller Frakturen sind Beckenringfrakturen [2, 15]. Damit sind Beckenringfrakturen selten. Bei polytraumatisierten Patienten werden sie jedoch in etwa 25 % der Fälle gesehen [7, 15, 19]; 10 % der Beckenfrakturen gehen mit pelvinen Begleitverletzungen einher, diese werden als komplexe Beckenverletzungen bezeichnet. Insgesamt haben Beckenringverletzungen immer noch eine hohe Le-

talität (5–20 %), bei komplexen Beckenverletzungen steigt diese auf 21–33 %.

Klassifikation

Die Beckenringfrakturen werden vor allem in Europa mit der AO-Klassifikation nach Tile [24] eingeteilt:

- Die A-Verletzungen sind ventral und dorsal stabil.
- Die B-Verletzungen sind rotatorisch instabil, ventral ist entweder die Sym-

physe zerrissen oder der vordere Beckenring frakturiert und disloziert. Dorsal sind die ventralen sakroiliakalen Bänder durchtrennt.

- C-Verletzungen sind rotatorisch und vertikal instabil, zusätzlich zum Verletzungsmuster bei den B-Verletzungen sind die dorsalen sakroiliakalen Bänder, die sakrotuberalen Bänder sowie die sakrospinalen Bänder zerrissen. Häufig findet sich bei C-Verletzungen ein vertikaler Versatz, als

Abb. 1 ◀ **a** Beckenringverletzung AO 61 B3.3 (bilaterale „laterale Kompression“). **b** Versorgung mit supraacetabulärem Fixateur externe

Abb. 2 ◀ **a** Beckenringverletzung AO 61 C1.3 mit Azetabulumfraktur 62 C 3.3 links, keine Möglichkeit der supraacetabulären Pin-einbringung links. **b** Platzierung der linksseitigen Pins in die Beckenschaukel, rechtsseitig je 1 Pin supraacetabulär und 1 Pin in die Beckenschaukel eingebracht

Abb. 3 ▲ **a, b** Beckenringverletzung 61 C 1.1, die Computertomographie zeigt, dass für die Applikation einer Beckenzwinge linksseitig nur eine kurze Strecke zur Verfügung steht (s. *Pfeil* und begrenzende *Striche*). **c** Stabilisierung der 61-C1.1-Fraktur mit einem supraazetabulären Fixateur externe

radiologisches Zeichen desselben findet sich ein Abriss des Querfortsatzes LWK 5 auf der betroffenen Seite.

Im Weiteren werden die Typ-B- und -C-Verletzungen besprochen, da es bei der Typ-A-Verletzung nur sehr selten eine Indikation für einen Fixateur externe gibt.

Die Typ-B-Verletzungen werden nochmals unterteilt in

- die Außenrotationsverletzung B1 („open book“),
- Innenrotationsverletzungen B2 (laterale Kompression) und
- die beidseitige B-Verletzung B3.

Die C-Verletzungen werden unterteilt nach

- C1 bei intakter Gegenseite,
- C2 bei inkompletter Instabilität der Gegenseite und
- C3 bei beidseitiger kompletter rotatorischer und vertikaler Instabilität.

Akutphase

B-Verletzungen

In der Akutphase hat der Fixateur externe nach wie vor eine Rolle bei der Stabilisierung von Beckenringverletzungen, die mit einer schweren Blutung einhergehen. Vor allem bei B-Verletzungen wirkt der ventrale supraazetabuläre oder aber ilial angebrachte Fixateur externe als Stabilisator.

Bei der Open-book-Verletzung verkleinert er wirksam das intrapelvine Volumen und kann zum Tamponadeffekt beitragen. Es besteht weitgehend Einigkeit, dass bei einer Monoverletzung oder

aber beim kreislaufstabilen operablen Patienten auch in der Initialphase bei einer B1 („open book“-)Verletzung eine Verplattung der Symphyse durchgeführt werden sollte.

Bei B2-Verletzungen (laterale Kompression) kann der ventrale Fixateur externe dazu dienen, die Symmetrie des Beckenringes wiederherzustellen, und beispielsweise nach medial dislozierte Schambeinfragmente, welche die Blase komprimieren, reponieren helfen (Abb. 1a und b, beidseitige laterale Kompression, AO B3.3).

Operative Technik des supraazetabulären Fixateur externe

Die operative Technik des ventralen supraazetabulären Fixateur externe wurde u. a. von Gänsslen et al. [5] beschrieben. Es handelt sich um ein sicheres Verfahren, bei dem man sich gut an externen Landmarken orientieren kann. Die Inzision soll 3–4 cm distal der Spina iliaca anterior superior und 2 cm medial davon erfolgen. Es ist dabei auf jeden Fall der N. cutaneus femoris lateralis gefährdet. Durch stumpfe Präparation nach dem Hautschnitt soll vermieden werden, diesen zu lädieren. Gebohrt wird mit Gewebeschutz, die Bohrrichtung beträgt 20° nach medial und ca. 10–20° nach kranial. Ist geplant, die Instabilität mit dem Fixateur externe auszubehandeln, sollten die Pins eher waagrecht eingebracht werden, um den Patienten das Sitzen zu erleichtern. Das Vorfahren des Pins wird dann auch in der Ala-Projektion kontrolliert, der Pin kommt knapp oberhalb der Incisura ischiadica zu liegen. In dieser Region liegt in der Regel auch beim osteoporoti-

schen Patienten eine gute Knochenqualität vor.

Der Eintrittspunkt der Bohrung liegt 1,5–2 cm kranial des Azetabulumrandes oberhalb der Spina iliaca anterior inferior. Auf dieser Höhe befindet man sich sicher außerhalb der Gelenkkapsel. In der Regel genügt es, 3–4 cm knöchern in die Tiefe zu gehen, danach kann eine selbstbohrende und selbstschneidende Schanzschraube dieser Bohrrichtung folgend eingebracht werden. Der Verlauf des Fixateurpins bleibt radiologisch in der Obturator-Projektion lateral der Linea terminalis. Es handelt sich um eine Region mit auch beim älteren Patienten fester Knochensubstanz. Gemäß einer Publikation von Kim et al. [8] von 1999 ist die anterior-inferiore Pinplatzierung stabiler und sicherer im Vergleich zur anterior-superioren (über die Beckenschaufel) [8].

Fixateurkonstrukt

Eine Vielzahl von Fixateurkonstruktionen hat es zur Marktreife gebracht. Einige sind noch immer im klinischen Einsatz. So gibt es vor allem Konstrukte mit einem dicken zentralen Rohr (z. B. Orthofix „straight bar“ Fixateur, Zimmer „Heidelberg“ oder der Howmedica Fixateur). Auf der anderen Seite gibt es Rahmenkonstruktionen, wie beispielsweise der AO-Pittsburgh- oder der Hoffmann-Trapezoid-Fixateur. Es wurde auch versucht, die Stabilität des Fixateurkonstrukts durch die Anlage von Rahmenkonstruktionen zu erhöhen.

In einer biomechanischen Untersuchung von 2003 von Ponsen et al. [16] wurde festgestellt, dass die Röhrenfixateure deutlich stabiler als die Rahmenfixateure

teure sind. Als weitere Determinanten der Stabilität wurden die Verwendung von dickeren Pins und dickeren Stangen eher als die Montage von Rahmenkonstruktionen identifiziert.

Dennoch ist es hilfreich, mit mehreren Verfahren vertraut zu sein, da beispielsweise bei dem Vorhandensein einer Azetabulumfraktur der supraazetabuläre Fixateur nicht angebracht werden kann (■ **Abb. 2a und b**).

C-Verletzungen

Bei C-Verletzungen in der Akutphase sollte in der Regel primär der hintere Beckenring stabilisiert werden. Es gibt jedoch Verletzungsformen, bei denen der hintere Beckenring zertrümmert ist oder aber aufgrund des Frakturverlaufs das Anbringen einer Beckenzwinde schwierig ist. So ist beispielsweise bei manchen Frakturformen (z. B. Crescent-Frakturen, transiliakalen Frakturen) das resultierende iliakale Fragment so kurz, dass nur mit einem Fixateur externe stabilisiert werden kann (■ **Abb. 3a–c**).

Bei signifikanter dorsaler Instabilität und Kreislaufinsuffizienz ist von vielen Autoren die Aussage getroffen worden, dass die ventralen Fixateure lediglich supportiv eingesetzt werden sollen (Durkin et al. [4]; Pizanis et al. [13]). Dies wird durch biomechanische Untersuchungen bestätigt [4, 13]. So haben Prasarn et al. [17] in einer Kadaverstudie dargestellt, dass ein Beckengurt bei einer C-Verletzung deutlich stabiler ist als ein ventraler Fixateur externe. In dem vorliegenden Artikel wurde bisher auf die Rolle des Beckengurts nicht eingegangen. Dieser kann nachgewiesenermaßen auf den hinteren und vorderen Beckenring Druck ausüben. Allerdings ist für den Beckengurt auch von signifikanten Komplikationen berichtet worden. Dabei handelt es sich z. B. um Druckulzera und Nervenschäden, die sich teilweise schon nach 16 h Tragedauer eingestellt hatten [23]. Es existiert nur eine relevante klinische Studie, die den Beckengurt mit der Anlage eines Fixateur externe verglichen hat [3]. Dabei hatten die Patienten mit einem Beckengurt weniger Volumenbedarf, das Ergebnis hinsichtlich Mortalität und Krankenhausverweildauer war jedoch in beiden Gruppen identisch. Auf-

Trauma Berufskrankh 2016 · [Suppl 2]: 18:S158–S164 DOI 10.1007/s10039-015-0037-1
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

H.J. Bail · B. König · K.-D. Schaser · P. Schwabe

Beckenverletzungen aktuell: Die Rolle des Fixateurs bei Ringinstabilitäten

Zusammenfassung

Der ventrale Fixateur externe ist nach wie vor das „Arbeitspferd“ bei Beckenringinstabilitäten. Er ist minimalinvasiv, schnell und sicher zu applizieren. Er kann auch außerhalb des Operationssaals (Intensivstation, Schockraum, Aufwachraum usw.) von erfahrenen Ärzten angebracht werden. In der Akutphase bei signifikanter Blutung ist der ventrale Beckenfixateur bei B-Verletzungen auch als alleiniges Verfahren zielführend. Bei Open-book-Verletzungen kann er die Beckenschaukel innenrotieren und die Symphyse stabilisieren, bei lateralen Kompressionsfrakturen mit dislozierten Fragmenten kann der Fixateur die Beckenschaukel nach außen rotieren und somit den Beckenring reponieren. Bei C-Verletzungen ist der ventrale Fixateur externe vor allem additiv zu einer dorsalen Stabilisierung (z. B. Beckenzwinde) applizierbar. Bei großen Weichteilquetschungen oder aber Kontaminationen (komplexe Beckenver-

letzungen) ist der Beckenfixateur oft das einzig mögliche Implantat, um das Infektrisiko zu beherrschen und keinen weiteren Weichteilschaden zu verursachen. In der Sekundärphase kann der ventrale Fixateur externe nach der Versorgung von C-Verletzungen belassen werden und bei der Mobilisierung eine höhere Sicherheit gewährleisten. Als sekundäres Stand-alone-Implantat bei B-Verletzungen ist der Fixateur externe aufgrund seiner Nachteile und wegen des geringen Patientenkomforts selten indiziert. Hierbei gibt es aktuelle Ansätze, vor allem bei mehrfragmentären Frakturen des vorderen Beckenrings einen subkutanen supraazetabulären Fixateur einzusetzen.

Schlüsselwörter

Beckenringfraktur · Polytrauma · Subkutaner Beckenfixateur · Supraazetabulärer Beckenfixateur · Beckenzwinde

Pelvic injuries update: the role of the fixator in ring instability

Abstract

The ventral external fixator is still the most versatile device for stabilization of pelvic ring instabilities. The fixator is minimally invasive and can be rapidly applied with high patient safety. The external fixator can also be mounted by experienced surgeons outside the operating room (e.g. intensive care unit, trauma bay or intermediate care unit). In the acute phase of severe bleeding in type B injuries the ventral external fixator can also be used alone as the best available procedure. In open book injuries it can internally rotate the displaced hemipelvis and in the case of lateral compression fractures with dislocated fragments, the fixator can externally rotate and distract the fractured hemipelvis. In type C injuries the ventral external fixator is predominantly applied as a complementary measure to dorsal stabilization (e.g. pelvic clamp). In cases of extensive soft tissue compression and/or contamination in complex pelvic inju-

ries (e.g. Morel-Lavallée injuries) a ventral external fixator is often the only implant which can be used. In the secondary phase the ventral external fixator can remain in place after internal stabilization of the dorsal pelvic ring and leads to a higher patient safety during mobilization; however, the use as a secondary stand alone implant is rarely indicated for type B injuries, mainly because of the disadvantages and patient discomfort. Under these circumstances and particularly for multifragmentary fractures of the ventral pelvic ring, it is worthwhile considering the use of a subcutaneous supra-acetabular internal fixator if plate osteosynthesis is not possible.

Keywords

Pelvic ring fracture · Multiple trauma · Subcutaneous internal pelvic fixator · Supraacetabular external fixator · Pelvic clamp

grund seiner leichten Applizierbarkeit wird der Beckengurt klinisch zunehmend eingesetzt, ob er die Beckenzwinde verdrängen wird, bleibt abzuwarten.

In der oben bereits zitierten Studie von Ponsen et al. wurden auch die Kräfte gemessen, die bei vertikaler Belastung im si-

mulierten Ein- und Zweibeinstand durch einen Fixateur externe gehalten werden können. Stabilität war hier maximal bis 151 Newton gegeben, bei einem 70 kg schweren Mann wirken jedoch deutlich über 500 Newton auf eine instabile sakroiliakale (SI) Verletzung ein [16].

Abb. 4 ▲ **a** Beckenringverletzung Typ 61 C3.1 mit kompletter dorsaler Instabilität, durch beide sakroiliakale Gelenke verlaufend. **b** Stabilisierung des dorsalen Beckenrings mit einer Beckenzwinge, des ventralen Beckenrings mit einem supraacetabulären Fixateur externe (beachte die Klammernaht nach Laparotomie: Unter Umständen hätte bei kompensierten intraoperativen Kreislaufverhältnissen eine Verplattung der Symphyse vorgenommen werden können)

Es besteht jedoch weiterhin eine Indikation für die Anlage eines ventralen Fixateur externe bei einer C-Verletzung mit hämodynamischer Instabilität. So konstatiert Durkin [4], dass bei kompletter dorsaler und vertikaler Instabilität die posteriore Stabilisierung mit einer ventralen ergänzt werden soll (■ Abb. 4a und b).

Es gibt Versuche, mit besonderen Konstruktionen einen ventralen, vorwiegend supraacetabulär angelegten Fixateur extern so zu konfigurieren, dass dieser auch dorsal eine Kompression ausübt. Queipo-de-Liano präsentiert ein Gerät, mit dem man einen Carbonhalbring in der Art vorspannen kann, dass er nach dem Anlegen eine nach zentral gerichtete Kompression bewirkt [18]. Gardner et al. [6] üben über einen ventral angebrachten AO-Distraktor ebenso eine dorsale Kompression aus wie der sog. X-Frame, der in der Publikation von Sellei et al. [21] in der Lage ist, 222 Newtonmeter Druck im SI-Gelenk aufzubauen. Dies ist erheblich mehr im Vergleich zum Standard-supraacetabulären Fixateur externe mit 14 Newtonmetern, jedoch noch deutlich weniger als es die klassische Beckenzwinge in der Lage ist auszuüben (704 Newtonmeter).

Komplexe und offene Beckenverletzungen

Häufig kommt es bei schweren Beckenverletzungen – vorwiegend Überrolltraumen – dazu, dass weitergehend invasive Implantate keine Verwendung finden können. Bei der Morel-Lavallée-Verletzung liegt ein zirkuläres Décollement der

Haut im Becken- und Gefäßbereich vor. Regelmäßig kommt es zum kompletten Untergang der Haut und des subkutanen Gewebes, sodass sich das Einbringen von mehr als 2 oder 4 Fixateurpins über längere Zeit verbietet (■ Abb. 5a und b). Der Fixateur externe bietet bei akzeptabler Stabilität die Möglichkeit, alle chirurgischen Maßnahmen, die nötig sind, durchzuführen – auch in Bauchlage.

So ist bei schwersten Weichteilverletzungen beispielsweise häufig die Anlage eines Anus praeter nötig, auch dies kann mit angelegtem Fixateur externe durchgeführt werden (■ Abb. 5c). Häufig können diese Patienten erst verzögert mobilisiert werden, sodass auch die nicht optimale Primärstabilität des Fixateur externe zum Ausbehandeln von C-Verletzungen ausreichend sein kann (■ Abb. 5d).

Sekundärphase

Wenn es möglich ist, wird in der Sekundärphase ein Verfahrenswechsel von temporär extern auf definitiv intern durchgeführt. Zum einen ist die interne Fixation deutlich stabiler [14], zum anderen ist der Patientenkomfort bei interner Fixation im Vergleich zum Fixateur externe deutlich erhöht. Es wird angestrebt, die interne Stabilisierung vom 5. bis zum 7. Tag vorzunehmen, spätestens jedoch bis zum 21. Tag sollte dies geschehen sein [1, 9, 12].

Auch in der Sekundärphase kann vereinzelt bei C-Verletzungen der Fixateur externe zur weiteren Mobilisierung supportiv belassen werden. Dies ist insbeson-

dere dann der Fall, wenn mehrfragmentäre ventrale Beckenringverletzungen vorliegen, die sich für das Einbringen einer Kriechschraube nicht eignen und eine langstreckige überbrückende Plattenosteosynthese erfordern würden.

Neuanlage eines Fixateur externe

Gering dislozierte B2-Verletzungen (Kompressionsmechanismus) werden in der Regel initial konservativ behandelt, wenn keine stärkere Blutung vorliegt. Diese werden auch in aller Regel ohne weitere operative Stabilisierung mobilisiert. In einer kürzlich publizierten Studie konnte gezeigt werden, dass dies mit einem sehr geringen Risiko der sekundären Dislokation einhergeht [22].

Bei B1- und B3-Frakturen kommt es des Öfteren dazu, dass die Patienten frühzeitig mobilisiert werden können. Eine Vollbelastung kann dann normalerweise nicht erlaubt werden. Sollten Kriechschrauben, eine eingeschobene Platte oder aber eine offene Verplattung beispielsweise aufgrund einer Weichteilproblematik nicht möglich sein, kann ein anteriorer Fixateur externe angelegt werden.

Subkutaner Beckenfixateur

Zunehmend gibt es Publikationen, die vom Einsatz eines subkutanen Fixateur externe berichten. Dieser wird von manchen Arbeitsgruppen auch in der Akutphase bei C-Verletzungen eingesetzt. Interessant ist dieser jedoch aus unserer

Abb. 5 ◀ **a** Junge Patientin, Überrolltrauma durch Lastwagen, schwerer Weichteilschaden zirkulär um das Becken verlaufend. **b** Konventionelles Röntgenbild, Beckenringverletzung AO 61 C2.3. **c** Bei zirkulärem Décollement Nekrotisierung der gesamten Haut und Subkutis (Morel-Lavallée-Verletzung). **d** Zur Protektion der schwer verletzten Weichteile Anlage eines Anus praeter (s. links im Bild belassenen Fixateur externe)

Sicht vor allem in der Sekundärphase bei der oben angeführten Indikation.

Bei der Anlage dieses Fixateurs werden zunächst 2 Pedikelschrauben supraacetabulär eingebracht. Dann wird nach einer subkutanen Tunnelung eine gebogene Carbon- oder Titanstange durchgeschoben.

Vorteile dieses Konstrukts liegen – gemäß den Autoren – beispielsweise darin, dass es bei adipösen Patienten nicht zu einem Impingement des Gewebes am Fi-

xateur externe kommen kann. Auch haben biomechanische Studien gezeigt, dass durch den geringeren Abstand der Verbindungsstange zum Knochen dieser Fixateur stabiler im Vergleich zum Standardfixateur ist [11].

Ebenso kann bei solchen Patienten das externe Fixateurkonstrukt bei einer CT-Untersuchung nicht hinderlich sein. Als Risiken des Verfahrens werden die Verletzung von A. u. V. epigastrica superficialis und A. und V. circumflexa ilium su-

perficialis genannt. Auch wird auf die Gefahr der Perforation von Abdominalmuskulatur und der Harnblase hingewiesen. Ein Nachteil ist sicherlich, dass die Implantatentfernung immer im Operationsaal erfolgen muss, während beim supraacetabulären Fixateur externe in der Regel die Implantatentfernung am Bett oder im ambulanten Setting vorgenommen werden kann [20]. Die mechanische Überlegenheit des subkutanen Fixateurs gegenüber dem Fixateur externe konnte expe-

rimentell nachgewiesen werden [26], er bleibt jedoch der Symphysenplatte unterlegen. In einer klinischen Nachuntersuchung an 36 Patienten haben Müller et al. [10] 65 % gute und sehr gute Ergebnisse bei C-Verletzungen mit transpubischer ventraler Instabilität gefunden. Bei 20 % war eine Läsion des N. cutaneus femoris lateralis gesehen worden, bei 25 % der Patienten heterotope Ossifikationen an der Pinstelle. Diese Zahlen wurden in einer Studie von Vayda et al. [25] bestätigt. In beiden Studien waren die Läsionen des N. cutaneus femoralis lateralis immer ohne Residuen rückläufig, die heterotopen Ossifikationen machten keine Beschwerden. Allerdings musste in der zuletzt genannten Studie 3-mal die Fixateurstange korrigiert werden, da sie Gefäße, Nerven oder aber abdominelle Organe komprimiert hat. Auch kam es 3-mal zu einer tiefen Infektion, die zur Entfernung des Fixateur interne geführt hat.

Mobilisation, Implantatentfernung

In der Literatur finden sich wenige Daten mit Empfehlungen zur Nachbehandlung von Patienten mit angelegtem ventralem Fixateur externe nach Beckenringverletzungen.

Gänsslen [5] hat 2005 die folgenden Empfehlungen gegeben: Bei der vorderen Beckenringfraktur ist es ausreichend, den Fixateur externe 4 Wochen zu belassen. Bei Typ-C-Verletzungen soll dieser mindestens 8 Wochen in situ bleiben, bei der Symphysenruptur 3 Monate.

Bei der Mobilisierung wird empfohlen, bei einer Typ-B-Verletzung 3 bis 6 Wochen 15 kg Teilbelastung zu erlauben. Bei einer Typ-C-Verletzung dehnt sich diese Zeitspanne auf 8 bis 12 Wochen aus.

Zusammenfassend muss im Hinblick auf die hochgradig variablen Frakturmustern, die uneinheitlichen Zusatzverletzungen und das unterschiedliche Körpergewicht bei jedem Patienten individuell entschieden werden.

Fazit für die Praxis

- Der ventrale Fixateur externe bietet eine minimalinvasive Möglichkeit, eine Beckenstabilisierung durchzuführen. Insbesondere in lokalen und

regionalen Traumazentren ist die Anlage eines ventralen Fixateur externe auch vor der Verlegung in ein überregionales Traumazentrum opportun.

- Fraglich ist, ob eine ventrale Fixierung beim Vorliegen einer C-Verletzung ausreichend ist. Mehrere Autoren fordern, dass bei einer hochgradigen dorsalen Instabilität auch der dorsale Beckenring beispielsweise mit einer Beckenzwinge stabilisiert werden muss. Ob dies auch besonders konstruierte, ventral angelegte Fixateure leisten können, konnte bisher in der Klinik nicht gezeigt werden, einige biomechanische Untersuchungen weisen darauf hin.
- Unverzichtbar ist der Fixateur externe weiterhin bei Patienten mit ausgedehntem Weichteilschaden. Bei diesen wird auch oft die Beckenringfraktur im Fixateur externe ausbehandelt.
- In der Sekundärphase ist der ventrale Fixateur externe ein mögliches Implantat, zumeist wird hier jedoch auf interne Verfahren aus Gründen des Patientenkomforts und der Stabilität gewechselt.
- Für die Zukunft bleibt es abzuwarten, ob der Fixateur interne ein lohnenswertes klinisches Konzept ist und vor allem hinsichtlich der Komplikationen, beispielsweise bei multifragmentären vorderen Beckenringfrakturen, den Fixateur externe ersetzen kann.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. H.J. Bail

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,
Klinikum Nürnberg
Paracelsus Medizinische Privatuniversität
Breslauer Straße 201, 90471 Nürnberg
hermann-josef.bail@klinikum-nuernberg.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H.J. Bail, B. König, K.-D. Schaser und P. Schwabe geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Connor GS, McGwin G Jr, MacLennan PA et al (2003) Early versus delayed fixation of pelvic ring fractures. *Am Surg* 69(12):1019–1023. (discussion 1023–)
2. Court-Brown CM, Caesar B (2006) Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury* 37(8):691–697
3. Croce MA, Magnotti LJ, Savage SA et al (2007) Emergent pelvic fixation in patients with exsanguinating pelvic fractures. *J Am Coll Surg* 204(5):935–939. (discussion 940–942)
4. Durkin A, Sagi HC, Durham R et al (2006) Contemporary management of pelvic fractures. *Am J Surg* 192(2):211–223. (Review)
5. Gänsslen A, Pohlemann T, Krettek C (2005) [A simple supraacetabular external fixation for pelvic ring fractures]. *Oper Orthop Traumatol* 17(3):296–312. (German)
6. Gardner MJ, Kendoff D, Ostermeier S et al (2007) Sacroiliac joint compression using an anterior pelvic compressor: a mechanical study in synthetic bone. *J Orthop Trauma* 21(7):435–441
7. Giannoudis PV, Grotz MR, Tzioupis C et al (2007) Prevalence of pelvic fractures, associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective. *J Trauma* 63(4):875–883
8. Kim WY, Hearn TC, Seleem O et al (1999) Effect of pin location on stability of pelvic external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 361:237–244
9. Matta JM, Tornetta P 3rd (1996) Internal fixation of unstable pelvic ring injuries. *Clin Orthop Relat Res* (329):129–140
10. Müller FJ, Stosiek W, Zellner M et al (2013) The anterior subcutaneous internal fixator (ASIF) for unstable pelvic ring fractures: clinical and radiological mid-term results. *Int Orthop* 37(11):2239–2245
11. Osterhoff G, Tiziani S, Ferguson SJ et al (2014) Mechanical testing of a device for subcutaneous internal anterior pelvic ring fixation versus external pelvic ring fixation. *BMC Musculoskelet Disord* 15:111
12. Pape H, Stalp M, v Griensven M et al (1999) [Optimal timing for secondary surgery in polytrauma patients: an evaluation of 4,314 serious-injury cases]. *Chirurg* 70(11):1287–1293. (German)
13. Pizanis A, Pohlemann T, Burkhardt M et al (2013) Emergency stabilization of the pelvic ring: clinical comparison between three different techniques. *Injury* 44(12):1760–1764
14. Pohlemann T, Krettek C, Hoffmann R et al (1994) [Biomechanical comparison of various emergency stabilization measures of the pelvic ring]. *Unfallchirurg* 97(10):503–510. (German)
15. Pohlemann T, Tschern H, Baumgärtel F et al (1996) [Pelvic fractures: epidemiology, therapy and long-term outcome. Overview of the multicenter study of the Pelvis Study Group]. *Unfallchirurg* 99(3):160–167
16. Ponsen KJ, Hoek van Dijke GA, Joosse P et al (2003) External fixators for pelvic fractures: comparison of the stiffness of current systems. *Acta Orthop Scand* 74(2):165–171
17. Prasarn ML, Horodyski M, Conrad B et al (2012) Comparison of external fixation versus the trauma pelvic orthotic device on unstable pelvic injuries: a cadaveric study of stability. *J Trauma Acute Care Surg* 72(6):1671–1675
18. Queipo-de-Llano A, Perez-Blanca A, Ezquerro F et al (2013) Simultaneous anterior and posterior compression of the pelvic ring with external fixation using a pre-tensed curved bar: a biomechanical study. *Injury* 44(12):1787–1792

19. Ragnarsson B, Jacobsson B (1992) Epidemiology of pelvic fractures in a Swedish county. *Acta Orthop Scand* 63(3):297–300
20. Scheyerer MJ, Zimmermann SM, Osterhoff G et al (2014) Anterior subcutaneous internal fixation for treatment of unstable pelvic fractures. *BMC Res Notes* 7:133
21. Sellei RM, Schandelmaier P, Kobbe P (2013) Can a modified anterior external fixator provide posterior compression of AP compression type III pelvic injuries? *Clin Orthop Relat Res* 471(9):2862–2868
22. Sembler Soles GL, Lien J, Tornetta P 3rd (2012) Nonoperative immediate weightbearing of minimally displaced lateral compression sacral fractures does not result in displacement. *J Orthop Trauma* 26(10):563–567
23. Spanjersberg WR, Knops SP, Schep NW et al (2009) Effectiveness and complications of pelvic circumferential compression devices in patients with unstable pelvic fractures: a systematic review of literature. *Injury* 40(10):1031–1035
24. Tile M (1996) Acute Pelvic Fractures: I. Causation and Classification. *J Am Acad Orthop Surg* 4(3):143–151
25. Vaidya R, Kubiak EN, Bergin PF et al (2012) Complications of anterior subcutaneous internal fixation for unstable pelvis fractures: a multicenter study. *Clin Orthop* 470(8):2124–2131
26. Vigdorchik JM, Esquivel AO, Jin X, Yang KH et al (2012) Biomechanical stability of a supra-acetabular pedicle screw internal fixation device (INFIX) vs external fixation and plates for vertically unstable pelvic fractures. *J Orthop Surg* 7:31