

**Fusion der Iliosakral-Gelenke  
4-Jahresresultate mit klinischen und radiologischen  
Befunden nach minimal-invasiven Operationen**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

**Said Walid Wahisi**  
aus Kabul/Afghanistan

2022

Angefertigt mit der Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Robert Pflugmacher
2. Gutachterin: Univ.-Prof. Dr. med. Natalija Novak

Tag der Mündlichen Prüfung: 07.01.2022

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie  
Direktor: Prof. Dr. med. Dieter C. Wirtz

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Epidemiologie und sozioökonomische Bedeutung	6
1.2 Iliosakralgelenk	7
1.2.1 Anatomie und Physiologie	7
1.2.2 Pathophysiologie	11
1.2.3 Iliosakralgelenk-Syndrom – Klinik	15
1.3 Klinische Diagnose	17
1.4 Behandlung	20
1.5 Medikamentöse Therapie	22
1.6 Operative Eingriffe	27
<b>2. Material und Methoden</b>	<b>29</b>
<b>3. Resultate</b>	<b>33</b>
<b>4. Diskussion</b>	<b>52</b>
<b>5. Abbildungsverzeichnis</b>	<b>60</b>
<b>6. Tabellenverzeichnis</b>	<b>62</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b>	<b>63</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AP	Anteriorposterior
AS	Ankylose
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
COX	Cyclooxygenase
CT	Computertomographie
EQ	Emotionale Intelligenz
EQ-5D	Gesundheitsfragebogen der EuroQol-Gruppe
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
LPS	Lipopolysaccharid
M.	Musculus
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
NSAID	Nichtsteroidalen Antiphlogistika
NSMRI	Nicht-selektive Monoamin-Rückaufnahme-Inhibitoren
ODI	Oswestry Disability Index
OP	Operation
PENS	Perkutane elektrische Nervenstimulation
po	postoperativ
POSH	Posterior Shear Test
PSIS	Spina Iliaca Posterior Superior
Rö	Röntgen
TPS	Titanplasma-spray
VAS	Visuelle Analogskala

## 1. Einleitung

In den offiziellen Leitlinien KBV werden „Kreuzschmerzen“ als unterschiedlich starke Beschwerden des menschlichen Rückens (Rückenschmerzen) infolge diverser Ursachen bezeichnet (Bundesärztekammer, KBV, AWMF 2019). Sie sind zusätzlich definiert als Schmerzen unterhalb des Rippenbogens und oberhalb der Gesäßfalten – mit oder ohne Ausstrahlung. In Bezug auf die Ursachen kann zwischen nicht-spezifischen und spezifischen Rückenschmerzen unterschieden werden. Spezifische Rückenschmerzen sind durch nachweisbare somatische Ursachen gekennzeichnet; dementsprechend kann zielgerichtet behandelt werden. Nicht-spezifische Rückenschmerzen bieten keine eindeutigen Hinweise auf eine Ursache, die direkt behandelt werden kann. Dementsprechend ergeben sich auch bei vielen Patienten Probleme, ihre Schmerzen pathologischen Veränderungen im Gelenk- bzw. im Weichteilbereich zuzuordnen.

Darüber hinaus kann eine Unterteilung in akute, subakute und chronische sowie rezidivierende Rückenschmerzen vorgenommen werden. Als akute Rückenschmerzen werden jeweils neu aufgetretene Schmerzepisoden bezeichnet, die weniger als sechs Wochen anhalten. Treten schmerzhaft Beschwerden länger als sechs Wochen und kürzer als zwölf Wochen auf, geht man von einem subakuten Krankheitsbild aus. Besteht die Symptomatik länger als 12 Wochen liegt ein chronischer Verlauf vor; allerdings kann die Schmerzintensität während dieser Perioden variieren (Becker 2006).

Das subjektive Schmerzempfinden wird bei den Befunderhebungen vor, während und nach den angewendeten Behandlungsmaßnahmen mit Hilfe von Skalen 0–100 (0:keine; 100:maximal) erfasst (Numerische Rating-Skala, Visuelle Analogskala). Für die Beeinträchtigungen der Funktionalität hat sich die Anwendung von Score-Systemen bewährt (Oswestry Disability Index) (Copay, Cher 2016).

Eine weitere Möglichkeit zur Unterteilung nach Schmerzintensitäten bietet die Graduierung chronischer Beschwerden (Korff et al. 1992; Leadley et al. 2012).

Anhand der Eintragungen durch die Patienten in einem Fragebogen (sieben Fragen) werden die Rückenschmerzen unterschiedlichen Schweregraden zugeordnet.

## 1.1 Epidemiologie und sozioökonomische Bedeutung

Die Prävalenz von Rückenschmerzen liegt in der Erwachsenenbevölkerung (18–74 Jahre) zwischen 30 % und 70 % (Sachverständigenrat zur Begutachtung 2016). Innerhalb eines Jahres haben in Deutschland etwa 70 % der Erwachsenenbevölkerung mindestens eine Rückenschmerzepisode.

Sie muss als Symptom unterschiedlichster Ursachen angesehen werden. Die Hauptlokalisation ist der untere Lenden- und Kreuzbeinbereich (Casser et al. 2016). Die deutsche Rückenschmerzstudie 2003/2006 ergab, dass bis zu 85 % der Bevölkerung mindestens einmal in ihrem Leben Rückenschmerzen bekommen (Schmidt CO et al. 2007)

Mit zunehmendem Lebensalter erhöht sich die Häufigkeit von Rückenschmerzen (Robert Koch Institut 2015). Sozioökonomische Faktoren spielen ebenfalls eine wichtige Rolle, denn in allen Altersgruppen gaben Personen mit niedrigem Sozialstatus (gemessen an Bildung, beruflicher Stellung und Einkommen) häufiger Rückenschmerzen an als Personen mit mittlerem oder hohem Sozialstatus. Die Rückenschmerzen aller Patienten sind häufig mit Komorbiditäten verbunden wie Osteoarthrose, degenerativen Gelenkerkrankungen, kardiovaskulären und zerebro-vaskulären Erkrankungen (Schneider S et al. 2006). Außerdem wird von Patienten mit Rückenschmerzen häufiger über Schmerzen des Nackens, Kopfschmerzen, Schlafstörungen sowie psychische Störungen und Angst berichtet (Hagen et al. 2006, Hestbaeck et al. 2004, Schur et al. 2007). Es wird mit durchschnittlichen Kosten von 1,322 Euro pro Patient und Jahr gerechnet (Wenig et al. 2009).

Rückenschmerzen sind häufig entscheidend für Arbeitsunfähigkeit und medizinische Rehabilitation. Als Ursache vorzeitiger Berentung wegen verminderter Erwerbsfähigkeit stehen die Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems in den letzten Jahren an zweiter Stelle nach den psychischen Erkrankungen und Verhaltensstörungen (Raspe 2012).

Die Diagnosen verteilen sich bei den lumbalen Rückenschmerzen zu etwa 15 % auf nachweisbare pathologische Veränderungen, 4 % auf einen Bandscheibenprolaps, 3 % auf eine Spinalkanalstenose und 2 % auf eine Spondylolisthesis. Wirbelkörperfrakturen

werden in bis zu 4 % der Fälle diagnostiziert, bei 0,7 % werden ein primärer Tumor beziehungsweise eine Metastase nachgewiesen (Deyo, Weinstein 2001, Koes et al. 2006).

Für Schwangere besteht ein höheres Risiko, ein Iliosakralgelenk-Syndrom zu entwickeln. Weibliche Hormone werden während der Schwangerschaft freigesetzt und entspannen die Iliosakral-Bänder. Diese Dehnung der Bänder führt zu Veränderungen der Iliosakralgelenke, wodurch diese hypermobil werden (Cohen 2005).

## **1.2 Iliosakralgelenk**

### **1.2.1 Anatomie und Physiologie**

Das Iliosakralgelenk ist ein Synovialgelenk zwischen den Ohrmuschelflächen des Kreuzbeins und den beiden Beckenknochen (Forst et al. 2006, Arumugan et al. 2012).

Es besteht aus einer Kombination von Synarthrose und Diarthrose, was den Begriff Amphiarthrose rechtfertigt (Vleeming, Schunke 2012). Der Hauptteil des Gelenks ist von einer komplexen Kapsel umgeben und mit Knorpel ausgekleidet, es öffnet sich nach hinten. Die Ohrmuschelflächen sind mit Hyalinknorpel bedeckt, oben breiter und unten schmaler. Das Iliosakralgelenk unterscheidet sich von anderen Diarthrodialgelenken, da es Faserknorpel und hyalinen Knorpel an den Ohrmuscheloberflächen aufweist. Das Iliosakralgelenk verfügt über ein hohes Maß an Stabilität durch die Selbsthemmung des Beckens, die sich aus der Anatomie und Form der Knochen im Iliosakralgelenk ergibt. Das Kreuzbein und die Iliä haben ein extrakapsuläres, dorsal gelegenes Gelenk (Synarthrose), das durch das große Ligamentum intraspinale verstärkt wird, was zu einer beträchtlichen inneren Stabilität führt.

Im Vergleich mit der Kapselvorderseite ist die hintere Gelenkkapsel nur ansatzweise vorhanden, jedoch ist der posteriore Bandapparat umfangreicher ausgeprägt und wirkt als Verbindungsglied zwischen Sakrum und Ilium (Bowen, Cassidy 1981). Beteiligt sind die Ligamenta (Ligg.) sacroiliaca anteriora et posteriora, Ligg. sacroiliaca interossea sowie Ligamentum (Lig.) sacrotuberale, Lig. sacrospinale und das Lig. iliolumbal. Weitere

Strukturen sind benachbart und beeinflussen die Beweglichkeit des Gelenks (Cohen 2005).

Am Iliosakralgelenk kommt es nur zu einer Bewegung von etwa vier Grad. Die Hauptbewegungen treten auf, wenn sich das Kreuzbein relativ zu den Beckenknochen in der Sagittalebene bewegt. Bei der Nutation wird das Kreuzbein relativ zu den Beckenknochen nach vorne, bei der Gegenbewegung wird das Kreuzbein relativ zu den Beckenknochen nach hinten gedreht.

Als Formschluss wird die Stabilität des Gelenks bezeichnet, die sich aus der Anatomie des Beckens ergibt. Das Kreuzbein und das Ilium verfügen jeweils über eine flache und eine geriffelte Oberfläche, die ineinandergreifen und die Stabilität fördern (Liebenson C 2004). Die symmetrischen Rillen und Rippen ermöglichen den höchsten Reibungskoeffizienten eines Diarthrodialgelenks und schützen das Gelenk vor Scherung. Dagegen wird der Kraftschluss als eine spezifische Kraft definiert, die über das Gelenk wirkt, um so Stabilität zu erzeugen (Takasaki et al. 2009). Muskeln, Bänder und die thoracolumbaren Fasciae tragen alle zum Kraftschluss bei. Ein Kraftschluss ist besonders wichtig bei Aktivitäten wie dem Gehen, wenn eine einseitige Belastung der Beine Scherkräfte erzeugt.

Da sich das Ilium und das Kreuzbein nur auf ungefähr einem Drittel der Oberflächen treffen, wird der Rest der Stabilität zwischen den Knochen durch die Bänder erzeugt.

Die Prinzipien der Form und des Kraftschlusses wurden hier eingeführt, um den komplexen Mechanismus der Stabilität des Iliosakralgelenks zu beschreiben. Der Formschluss beschreibt den theoretischen stabilen Zustand eines Gelenks mit eng anliegenden Gelenkflächen, in dem keine zusätzlichen Kräfte erforderlich sind, um den stabilen Zustand des Systems während der Belastungs- und Entlastungssituation aufrechtzuerhalten. Der Kraftschluss ist der theoretische Zustand, in dem Querkraft und Reibung, die zu einer Gelenkkompression führen, erforderlich sind, damit das Gelenk einer vertikalen Belastung standhält. Im Iliosakralgelenk aufgenommene Scherkräfte entstehen durch eine Kombination von personenspezifischen anatomischen Merkmalen. Dies führt zu einzigartigen Situationen des Form- und Kraftschlusses, die eine effektive und maßgeschneiderte Gelenkaufnahme ermöglichen, die sowohl Reibung als auch



Kompression im Gelenk ausgleicht. Ein Kraftschluss erfolgt aufgrund einer veränderten Reaktionskraft der Gelenke über gespannte Bänder, Faszien, Muskeln und der Bodenreaktionskraft, auf die sie im Moment reagieren. Im Idealzustand erzeugt ein Kraftschluss eine senkrechte Druckreaktionskraft auf die Iliosakralgelenke, um die Schwerkraft anzupassen und zu überwinden (Vleeming, Schuenke 2019).

Die Kapsel wird von dorsalen lumbosakralen Rami innerviert und ist von mehreren starken Bändern umgeben, die den Bewegungsumfang beeinflussen. Der hintere Teil der Gelenke wird von den Rami dorsales der Wurzeln L4-S3 innerviert und der vordere Anteil ist abhängig von den Ästen der Wurzeln L1-S2. (Holm et al.2002, Murata et al. 2001, Vilensky et al. 2002). Zusätzlich sind der N. gluteus superior und / oder der lumbosakrale Nervenstamm (Slipman et al. 2000) beteiligt.

Nachgewiesen wurden in den periartikulären Bandapparaten sowie innerhalb der Gelenke selbst Nervenfasern, -faszikel und Mechanozeptoren (Fortin et al. 2003). Die Nervenfaszikel sind schmerz-, thermo- und drucksensibel und verfügen über propriozeptive Eigenschaften.

Die Bänder stammen aus den Aponeurosen mehrerer großer Muskeln, die in einiger Entfernung verlaufen. Das Iliosakralgelenk und das knöcherne Becken stellen somit einen geschlossenen Ring dar, an dem die Wirbelsäule und die beiden unteren Extremitäten befestigt sind.

Das Kräftegleichgewicht zwischen unterer Wirbelsäule und Iliosakralgelenk hängt von einer ausgeglichenen Steuerung im Bewegungsmuster ab. Im Bipedalgang werden die Kräfte, die vom Rumpf auf den Boden und umgekehrt übertragen werden, über die Iliosakralgelenke ermöglicht (Aiello L, Dean C, 1990).

Gekoppelte Muskelgruppen wie Latissimus dorsi und Gluteus maximus, der Erektor, der Multifidus und die Kniesehnen sind teilweise mit dem Ligamentum sacrotuberale verbunden. Die transversalen und die internen schrägen Muskeln der Beckenbodenmuskulatur, die mit dem Ligamentum sacrospinale und den Iliia verbunden sind, überspannen sich unmittelbar und können das Iliosakralgelenk beeinflussen. In der aufrechten Haltung des Menschen sind für die Stabilität erhöhte lumbo-pelvische Druckkräfte erforderlich, die die Mobilität mindern (Lovejoy 2007). Die Unterstützung des Beckens erfolgt hauptsächlich durch die Iliosakralgelenke und die Schambeinsymphyse.

Das Becken kann als geschlossener Ring mit variabler Steifheit angesehen werden (Mens et al. 2006). Die biomechanische Analyse zeigt, dass der größte Teil der Lastübertragung über die Kortikalis erfolgt und dass myofasziale Kräfte die Lastübertragung im Becken stabilisieren.

Die Scherung im Iliosakralgelenk ist das Ergebnis einer Kombination spezifischer anatomischer Merkmale. Der Kraftschluss ist das Ergebnis veränderter Reaktionskräfte der Gelenke durch Anspannen der Bänder, Faszien, Muskeln und Bodenreaktionskräfte (Snijders et al. 1993). Ein Kraftschluss erzeugt idealerweise eine senkrechte Druckreaktionskraft auf die Iliosakralgelenke. Die Stabilität muss als ein augenblickliches Phänomen aufgefasst werden; sie wirkt der Flexibilität entgegen (McGill et al. 2003). Als optimal darf ein Zustand mit weder zu wenig noch zu viel Iliosakralgelenk-Stabilität angesehen werden.

Die Stabilitäts- und Flexibilitätsmodi wirken als gleichzeitige, gegensätzliche Zustände in den Gelenken. Die Bänder werden angespannt, wenn sich die Knochen in eine Richtung bewegen, die sie verlängert, und / oder wenn die anhaftenden Muskeln kontrahieren. Ein Kraftschluss erhöht den Steifigkeitswert des Gelenks. Die Kombination von regionalen und lokalen Bändern, Muskeln, Faszien-Systemen und Schwerkraft trägt zum Zwangsverschluss des Iliosakralgelenks bei. Daher ist der Kraftschluss nicht nur den tief stabilisierenden Muskeln zuzuschreiben (Cramer, Ro 2014). Es ist eine ausreichende Kompression der Iliosakralgelenke notwendig, um die notwendige Stabilität oder Steifheit für die besonderen Anforderungen der statischen oder dynamischen Lastübertragung bei optimaler Energienutzung herzustellen (van Wingerden et al. 2004). Tiefere Muskeln sind näher an den Rotationszentren der Wirbelsäulenelemente und der Iliosakralgelenke und üben daher höhere Druckkräfte aus (Adams, Dolan 2007).

Wenn dieser Mechanismus im Becken effizient funktioniert, werden die Scherkräfte zwischen den Beckenknochen und dem Kreuzbein angemessen gesteuert, und die Lasten können effektiv zwischen Rumpf, Becken und Beinen übertragen werden (Snijders et al. 1993). Sowohl der normale Haltungstonus als auch der Kraftschluss sind erforderlich, um eine adäquate Kompression der Gelenke für Bewegungen und Positionierung zu erzielen. Am Kraftschluss des Iliosakralgelenks sind verschiedene Muskeln beteiligt, sogar Muskeln wie Rectus femoris, Sartorius, Iliacus, Gluteus maximus

und die Oberschenkel haben ausreichende Hebelarme, um die Bewegung im Iliosakralgelenk zu beeinflussen. Die Kontraktion des sakralen Teils des Multifidus bewirkt, dass das Iliosakralgelenk mutiert, wodurch sich die Spannung in den interossären und kurzen Rückenbändern erhöht und ein verstärkter Kraftschluss am Iliosakralgelenk erzeugt wird. Die iliakalen Verbindungen dieses Muskels zusammen mit dem M. erector spinae ziehen auch die hinteren Seiten der Beckenknochen aufeinander zu, wodurch die weitere Nutation eingeschränkt wird. Die Kontraktion des Musculus erector spinae und des langen Kopfes des Bizeps femoris kann aufgrund ihrer anatomischen Verbindung mit dem Kreuzband zu einer Kraftsteigerung beitragen. Der Latissimus dorsi sowie der Bizeps femoris wirken als Synergisten, um das Iliosakralgelenk direkt zu stabilisieren. Der Kraftschluss kann dann indirekt durch die anatomischen Verbindungen des Gesäßmuskels und der thoracolumbalen Facia mit dem Kreuzband verstärkt werden. (Pool-Goudzwaard et al. 1998, Pel et al. 2008). Tiefe Muskeln, einschließlich der Beckenbodenmuskulatur, weisen bei allen großen Bewegungen vorweggenommene stabilisierende Kontraktionen auf. Es hat sich gezeigt, dass die Iliosakralgelenk-Stabilität bereits bei geringer Muskelkontraktion zunimmt (Richardson et al. 2002). Selbst ruhende Muskelaktivität sowie eine aktive Muskelkontraktion verursachen eine Kompression der Iliosakralgelenkoberflächen.

### **1.2.2 Pathophysiologie**

Es bestehen viele Pathologien, die an der Stelle des Iliosakralgelenks auftreten können:

- Iliosakral-Tuberkulose
- Spondylarthropathie
- Kristall- und pyogene Arthropathien
- Leistenschmerzen
- Osteitis pubis
- Schambeinfunktionsstörung
- Arthrose
- Spannungsbruch (Nestor et al. Physiopedia 2019)
- Metastasen

Eine degenerative Schädigung des Gelenks kann traumatisch bedingt und entweder auf strukturelle oder auf neuromuskuläre Defizite zurückzuführen sein. Bei Patienten mit Schmerzen im Beckengürtel kommt es zu einer unzureichenden und / oder asymmetrische Kompression der Iliosakralgelenke, die zwischen dem hinteren Beckenkamm und der Gesäßfalte zu spüren ist. Oft sind Schmerzen im Beckengürtel mit einer aktuellen oder früheren Schwangerschaft verbunden; sie können auch als Folge eines Traumas oder einer reaktiven Arthritis auftreten. Die daraus resultierende Störung der Gelenkmechanik kann ein prädisponierender Faktor für die Entwicklung degenerativer Prozesse im Gelenk sein.

Ankylose (AS) wurde lange Zeit als bedeutendes Problem im Iliosakralgelenk angesehen. Im Alter von ca. 50 Jahren treten para-artikuläre Osteophyten meist an mehreren Stellen am Iliosakralgelenk auf. Anhaltend überhöhte Druckkräfte und Steifheit der Wirbelsäule, des Kreuzbeins und Dysfunktionen im Iliosakralgelenk können ebenfalls zu den frühesten sakro-iliakalen Veränderungen bei Osteitis beitragen (Masi et al. 2011). Gleichzeitig können solche veränderten kinetischen Kräfte an verschiedenen knöchernen Strukturen des Kreuzbeins und der Wirbelsäule stärkere Zugspannungen auf die Bänder und Sehnen ausüben, die zu den charakteristischen Enthesopathie-Läsionen führen (Benjamin, McGonagle, 2001). Übertriebene Kraftübertragungen zwischen Wirbelsäule und Becken können sekundär zu übermäßigen Stößen und Belastungen führen, die auf die Gelenke der unteren Extremitäten übertragen werden und zu den typischen AS-Verläufen beitragen (Masi et al. 2007). Allerdings werden Ankylosen verhältnismäßig selten registriert (Dar, Hershkovitz 2006).

Bewegung kann eine große Rolle bei der Aufrechterhaltung der Gesundheit des Gelenks spielen. Es wird von einem Zusammenhang zwischen Mobilität und bestimmten radiologischen Merkmalen ausgegangen. Eine Arthrose des Iliosakralgelenks oder der nahegelegenen Zwischenwirbelgelenke in Kombination mit ausgeprägten Rillen und Erhöhungen auf den Iliosakralgelenk-Oberflächen, scheint mit einer eingeschränkten Bewegung des Iliosakralgelenks zusammenzuhängen (Vleeming A, 1992).

Das Becken benötigt eine Stabilisierung für koordinierte Bewegungen am Oberschenkel sowie für eine kontrollierte Iliosakralgelenk-Flexibilität bei verschiedenen Lastübertragungen (Vleeming, Stoeckart, 2007). Auf Basis entsprechender Untersuchungsergebnisse muss davon ausgegangen werden, dass ein Zusammenhang zwischen der asymmetrischen Laxheit des Beckens und der Schwere der Beschwerden besteht (Damen et al. 2002). Diese Befunde lassen darauf schließen, dass eine Dysfunktion der Iliosakralgelenke normalerweise nicht mit einer subluxierten Position des Gelenks verbunden ist, sondern mit einer erhöhten oder verringerten Kompression bzw. Kraftschließung aufgrund asymmetrischer Kräfte, die auf das Gelenk wirken. Die Belastung des Iliosakralgelenks kann also durch die auf das Gelenk einwirkenden asymmetrischen Kräfte verursacht werden. Die Steifheit im Iliosakralgelenk nimmt bereits bei geringer Muskelaktivität zu, so dass eine effektive Lastübertragung von der Wirbelsäule auf die Beine möglich wird, wenn die Gelenke durch die Muskelkräfte aktiv komprimiert werden, was wiederum das Auftreten von Scherkräften verhindert. (Richardson et al. 2002; van Wingerden et al. 2004).

Eine veränderte motorische Steuerung tieferer Muskeln, wie des Transversus abdominis, der Zwerchfell- und Beckenbodenmuskulatur spielt eine wichtige Rolle bei Schmerzen im Iliosakral-Bereich (van Dieen et al. 2003; Hodges et al. 2007). Eine gestörte oder übermäßige Kraftübertragung kann zu einer übermäßigen Druck- oder Torsionsbelastung der Iliosakralgelenke führen. Eine solchermaßen veränderte Übertragung auf die Wirbelsäule und auf die unteren Extremitäten kann Gewebeeffekte mit nachteiligen Folgen auslösen (De Rosa, Porterfield, 2007; Masi et al. 2007).

Im Gegensatz zum exzessiven Iliosakralgelenk-Kraftschluss tritt jedoch beim Syndrom der schwangerschaftsbedingten Beschwerden eine ungenügende Stabilität auf, die als unzureichende und asymmetrische Kompression der Iliosakralgelenke zu verstehen ist (Damen et al. 2002; Mens et al. 2006).

Aufgrund einer vermuteten übermäßigen Becken- und Iliosakralgelenk-Steifheit oder einer nachgewiesenen unzureichenden Stabilität des Beckengürtels können Beschwerden im Bereich des Beckengürtels auftreten (Mens et al. 1999).

Eine gestörte oder übermäßige Kraftübertragung über die Iliosakralgelenke kann zu einer übermäßigen Druck- oder Torsionsbelastung dieser Gelenke mit Gewebeeffekten und entsprechend nachteiligen Folgen führen (De Rosa, Porterfield, 2007).

Die Belastung des Iliosakralgelenks kann auch durch auf das Gelenk einwirkende asymmetrische Kräfte verursacht werden, und Steifheit der Iliosakralgelenke kann bereits bei geringer Muskelaktivität zunehmen (Richardson et al. 2002). Eine veränderte motorische Steuerung tieferer Muskeln, wie des Transversus abdominis oder der Zwerchfell- und Beckenbodenmuskulatur, spielt eine wichtige Rolle bei Schmerzen und Unterstützung des Lumbopelvis (Hodges et al. 2007). Diese Muskeln haben bei der Bereitstellung einer Rumpfstabilisierung durch einen erhöhten Kraftschluss der Wirbelsäulenelemente und der Iliosakralgelenke einen biomechanischen Vorteil (Vleeming et al. 2012). Zusammen mit den über dem Gelenk liegenden großen Muskeln kann die Kontraktion anderer Muskeln, wie z. B. des Transversus abdominis, der Beckenbodenmuskulatur und des Zwerchfells, die Steifheit der Wirbelsäule und des Iliosakralgelenks beeinflussen (Beales et al., 2010). Die Iliosakralgelenke sind bei Ausfall der Beckenbodenfunktion suboptimal abgestützt. So benötigt der Beckenboden während der Erhöhung des intraabdominalen Drucks eine effektive Muskelrekrutierung. In der Folge ist die Rekrutierung der lumbopelvinen Muskeln bei Iliosakralgelenk-Schmerzen verändert (Hungerford et al. 2003).

Im Zusammenhang mit Schmerzen im unteren Rückenbereich werden mitunter auch Verletzungen der Hamstrings vermutet (Halbertsma et al. 2001). Es wird angenommen, dass die Kniesehnenverspannung bei Personen mit Rückenschmerzen im Iliosakralbereich ein Ausgleichsmechanismus für schwache Gesäßmuskeln und eine verminderte Stabilität des Iliosakralgelenks dieser Patienten sein könnte (van Wingerden 2004). Denn der Gluteus maximus-Muskel spielt aufgrund seiner Anhaftungen an Kreuzbein und Beckenknochen eine bedeutende Rolle für die Stabilität des Iliosakralgelenks.

Die auf das Iliosakralgelenk ausgeübten Stabilisierungskräfte könnten daher durch eine geschwächte Gesäßmuskulatur beeinträchtigt werden. Dementsprechend konnte ein Zusammenhang zwischen der Belastung der Oberschenkelmuskulatur und den

Funktionsstörungen des Iliosakralgelenks demonstriert werden (Arab et al. 2011, Beales et al 2009).

### **1.2.3 Iliosakralgelenk-Syndrom – Klinik**

Allgemein wird eine Vielzahl pathologischer Veränderungen innerhalb des Iliosakralgelenks als Iliosakralgelenk-Syndrom bezeichnet. Diese sind mit Schmerzsymptomatik und Funktionseinschränkungen verbunden. Eine endgültige Diagnosestellung ist vom Umfang der entsprechenden Modalitäten abhängig. Somit kommt es auch zu beträchtlichen Schwankungen bzgl. der Prävalenz des Iliosakralgelenk-Syndroms mit Angaben zwischen 10 mehr als 25 % (Bogduk et al. 2002, Boswell et al. 2005, McKenzie-Brown et al. 2005).

Es konnte auch gezeigt werden, dass das Symptom "Lumbalgie" in bestimmten Fällen auf pathologische Prozesse innerhalb des Iliosakralgelenks zurückzuführen ist (Fortin et al. 2000, Forst et al. 2006).

Als häufigste Symptome werden von den Patienten angegeben: Schmerzen im unteren Rückenbereich, Gesäßschmerzen, Oberschenkel Schmerzen, Schwierigkeiten wegen der Schmerzen lange an einem Ort zu sitzen und lokale Druckempfindlichkeit des hinteren Teils im Iliosakralgelenk (Monticone et al. 2004). Der Schmerz variiert in seinem Schweregrad.

Das Iliosakralgelenk-Syndrom ist bei 15 % bis 30 % der Betroffenen mit Rückenschmerzen eine signifikante Schmerzquelle. Die Symptome des Iliosakralgelenk-Syndroms sind oft schwer von anderen Arten der Rückenschmerzen zu unterscheiden. Aus diesem Grund ist die Diagnose eines Iliosakralgelenk-Syndroms sehr schwierig. Schmerzen, die vom Iliosakralgelenk ausgehen, können bei 15 % der Betroffenen auch Schmerzen in der Lenden- und Gesäßregion verursachen. Die klinische Manifestation stellt aufgrund der großen Auswirkungen auf die Lebensqualität und auf die gesundheitsbezogenen Kosten ein Problem dar. In der allgemeinmedizinischen Praxis wird diese Diagnose oft ignoriert, zumal die Ätiologie nicht immer einwandfrei abzuklären

ist. Häufig wird im Ausschlussverfahren die Verdachtsdiagnose gestellt (Moscote-Salazar et al. 2017).

Der hintere sakrale Ramnus spinalis ist der Hauptnerv, der das Iliosakralgelenk innerviert (Vaneldereren et al. 2010). Schmerzen treten auf, wenn das Gelenk mechanisch belastet wird, und auch das Vorwärtsbiegen führt zu Schmerzen. Auffällig kann ein aberrantes Bewegungsmuster im Bereich des Iliosakralgelenks sein. Im Allgemeinen fehlen Zeichen eines neurologischen Defizits. Auch die Leistengegend kann betroffen sein. Der Schmerz kann sich über den Trochanter major und den hinteren Teil des Oberschenkels bis zum Knie und manchmal über die laterale oder hintere Wade bis zu Knöchel, Fuß und Zehen ausbreiten (Shearar et al. 2005). Die Patienten leiden auch unter Gelenkbeschwerden in der Iliosakralgelenk-Region, wenn altersbedingt die Iliosakral-Bänder beschädigt oder gerissen sind und so Stabilität eingebüßt wird. In der Folge tritt eine Gelenkentzündung auf, die zu Störungen führen kann. Auch degenerative Veränderungen müssen berücksichtigt werden.

Durch seine feste Verankerung ist das Iliosakralgelenk kaum beweglich, dennoch kann es durch Fehlhaltungen oder starke Gewalteinwirkung verschoben werden.

Starke Rückenschmerzen können schon bei sehr geringen Verschiebungen im Iliosakralgelenk, z. B. durch plötzliche Krafteinwirkungen beim Sport oder nach einem Unfall auftreten. Traumatische Vorfälle wie Autounfälle, Stürze auf das Gesäß und kumulative Verletzungen beim Heben und Laufen sind sehr häufige Ursachen. Hinzu kommen Verschleißerscheinungen in Form von Arthrose, eine Lockerung der Symphyse während der Schwangerschaft, Beckenringinstabilität oder Morbus Bechterew. Auch Infektionen, Knochenbrüche, Bandscheibenvorfälle, vorausgegangene Wirbelsäulenoperationen, Fehlbelastungen, Übergewicht oder Erkrankungen der Hüfte können Schmerzen im Sakralgelenk hervorrufen. Die Patienten mit Iliosakralgelenk-Syndrom leiden oft nicht kontinuierlich unter Beschwerden, sondern die Schmerzen treten plötzlich und in Schüben auf, zum Beispiel bei Bewegungen wie Beugen oder Drehen des Rumpfes.

Auch bei längerer körperlicher Betätigung können Blockaden entstehen.



Oft leiden die Patienten morgens unter einem Anlaufschmerz und Steifigkeit der Lenden-Becken-gegend, was sich jedoch im Tagesverlauf bessern kann.

Bei Patienten mit fortgeschrittenen Stadien der Arthrose im Iliosakralgelenk führen bereits kleinere Belastungen zur Verstärkung der Symptomatik, mit Dauerschmerzen und Steifheit (Murakami et al. 2017, Rashbaum et al. 2016, Bornemann et al. 2017).

Viele Ursachen des Rückenschmerzes und damit auch der Beschwerden im Iliosakralgelenk sind Funktionsstörungen und keine umschriebenen Erkrankungen, was die exakte Diagnose erschwert. Klinisch zeigen sich u. a. Mobilitätsverlust und Funktionseinschränkungen, Störungen bei der Ausübung üblicher Tätigkeiten. Hinzu kommen psychische Faktoren wie Depressivität, Angst, Vermeidungsgewohnheiten und Neigung zur Somatisierung (Casser et al. 2016).

Infolge der Häufigkeit muskulärer Ursachen ist es oft problematisch, eine eindeutige Diagnose zu stellen, zumal sich die Patienten hinsichtlich der Symptomatik nicht immer eindeutig festlegen wollen oder können.

### **1.3 Klinische Diagnose**

Im Rahmen der Diagnostik des Iliosakralgelenk-Syndroms wird die Aussagekraft bildgebender Verfahren als gering beurteilt. Sie können sich aber als nützlich dafür erweisen, die anatomische Integrität anderer potenziell pathologisch veränderter Strukturen in diesem Bereich einzuschätzen (Hansen et a., 2007, Zelle et al. 2005). Bei Patienten mit chronischen Beschwerden im iliosakralen Bereich können mit Hilfe von Röntgenaufnahmen z. B. eine Sacroiliitis, Frakturen oder ein maligner Prozess ausgeschlossen werden (Zelle et al. 2005). Ergänzend können durch Computertomographie z. B. eine Degeneration des Gelenkspalts oder Frakturen sichtbar gemacht werden. Mit Hilfe der Magnetresonanztomographie lassen sich Veränderungen der Synovia, entzündliche Veränderungen, Infektionen oder Neoplasien erkennen.

Ein erheblicher Teil der Patienten mit Verdacht auf Sacroiliitis weist jedoch ein normales Iliosakralgelenk auf, und bei einem Teil der Untersuchten werden häufiger andere pathologische Veränderungen diagnostiziert (Eshed, Lidar 2017).

Die Möglichkeit, eine Diagnose von Schmerzen im Iliosakralgelenk genau zu bestimmen, dient dazu, eine gezielte Behandlung einleiten zu können.

Zur klinischen Entscheidungsfindung wurde eine Reihe an unterschiedlichen, speziellen Tests vorgeschlagen. Hierzu gehören Stehflexionstest, PSIS-Palpation im Sitzen, Langsitztest im Liegen und Kniebeuge-Test. Der diagnostische Nutzen dieser Tests ist allerdings begrenzt, denn ihre Gesamtheit weist eine Sensitivität von nur 0,82 und eine Spezifität von 0,88 auf. Die Zuverlässigkeit der Übereinstimmung zwischen den Untersuchern ist nur mäßig überzeugend (Levangie 1999, Laslett et al. 2005, Carragee et al. 2005, Derby et al. 2005, Hancock et al. 2007).

Da davon ausgegangen werden muss, dass keiner der Provokationstests am Iliosakralgelenk klinisch ausreichend relevant ist, um weitere Diagnosen auszuschließen, müssen verschiedene Tests zur Diagnose verwendet werden (Laslett et al. 2005, Simopoulos et al. 2012, Berthelot et al. 2006, Szadek et al. 2009):

#### Distraktion:

Die Patienten befinden sich in Rückenlage. Der Untersucher übt einen posterolateral gerichteten Druck auf das bilaterale Spina Iliaca Posterior Superior aus (Schmerzprovokation).

#### Kompression:

Die Patienten liegen seitlich. Der Untersucher drückt das Becken mit Druck auf den Beckenkamm zusammen, der auf den gegenüberliegenden Beckenkamm gerichtet ist. Dadurch wird vertikal auf das Ilium in Richtung der gegenüberliegenden Beckenseite gedrückt. Der Test wird als positiv bewertet, wenn er Schmerzen in den Iliosakralgelenken hervorruft.

#### Oberschenkelschub:

Der Patient befindet sich in Rückenlage. Der Untersucher versetzt die Hüfte in 90 Grad Flexion und Adduktion. Der Test wird als positiv bewertet, wenn Schmerzen im Iliosakralgelenk auftreten. Die Durchführung wird dann auf der anderen Seite wiederholt.

### Sacral Thrust:

Die Patienten befinden sich in Bauchlage. Der Untersucher führt einen nach vorn gerichteten Schub über das Kreuzbein aus (Schmerzprovokation).

### Gaenslens:

Patient ist in Rückenlage mit ausgestreckten Beinen. Das Testbein wird passiv in die volle Kniebeugung gebracht, während die gegenüberliegende Hüfte in Streckung bleibt.

Überdruck wird dann auf die gebogene Extremität ausgeübt (Schmerzprovokation).

Bei den Schmerzprovokationstests scheint aber der POSH-Test mit einer akzeptablen klinischen Reliabilität von mehr als 80 % und einer akzeptablen Sensitivität und Spezifität von mehr als 80 % (Broadhurst, Bond 1998) der zuverlässigste Test zu sein. Beim POSH-Test (Posterior Shear Test) befindet sich der Patient in Rückenlage, das Hüftgelenk wird zu 90 Grad gebeugt und adduziert. Der Untersucher übt bei unterschiedlichen Ab- und Adduktionswinkeln des Hüftgelenks entlang des Femurs einen axialen Druck auf die Hüfte aus. Die Schmerzauslösung im Bereich des Gesäßes definiert ein positives Testresultat (Broadhurst, Bond 1998, Meijne et al. 1999, Stuber 2007). Es wird allgemein davon ausgegangen, dass die höchste Sensitivität und Spezifität für Schmerzprovokationstests an den Iliosakralgelenken erreicht wird, wenn eine Kombination von mindestens drei Tests verwendet wurde.

Als „Goldstandard“ für die Diagnose von pathologischen Veränderungen am Iliosakralgelenk gilt eine diagnostische Nervenblockade, bei der unter fluoroskopischer Kontrolle ein Anästhetikum in die Iliosakralgelenke injiziert wird. Wenn der Patient bei zwei derartigen Anwendungen eine Schmerzlinderung von 50–75 % erreicht, kann in den meisten Fällen die Diagnose einer Iliosakralgelenk-Dysfunktion gestellt werden, sofern weitere klinische Zeichen dem nicht entgegenstehen (van der Wurff et al. 2006, Al-Subahi et al. 2017, Mitchell, Ulrich 2007, Hansen, Helm 2003).

Sowohl für als auch gegen die diagnostische Genauigkeit dieses Referenztests wurde viel argumentiert (Hancock et al. 2007). Es handelt sich jedoch derzeit um den am besten verfügbaren Test, um das Iliosakralgelenk als Ursache für Rückenschmerzen zu

identifizieren. Der Test ist invasiv, und er muss als teuer betrachtet werden. Insofern ist er für den routinemäßigen klinischen Einsatz nicht geeignet.

## **1.4 Behandlung**

Insgesamt soll ein multi- und interdisziplinärer Behandlungsplan unter Berücksichtigung individueller Gegebenheiten aufgestellt werden. Die Behandlung zunächst nicht-spezifischer Beschwerden im Iliosakralgelenk-Bereich orientiert sich an der Intensität der Schmerzen und an dem aktuellen Funktionsstatus. Angestrebt und verordnet wird in jedem Fall eine Aktivierung der Patienten mit körperlicher Bewegung, wobei die aktivierenden Maßnahmen ggf. durch die Einnahme von Schmerzmitteln unterstützt werden können oder müssen. Auf die Anwendung von chronifizierungsfördernden und / oder nicht-evidenzbasierten medizinischen Verfahren soll verzichtet werden (Bundesärztekammer Leitlinien 2019). Das Beibehalten der Aktivitäten des täglichen Lebens kann zu einer signifikanten Schmerzreduktion führen und für die Verbesserung der körperlichen Funktionsfähigkeit wichtig sein (Kammer et al. 2014). Dabei ist ein individuell ausgerichtetes Ausmaß an Aktivitäten zu berücksichtigen. Allerdings kann sich eine übermäßige körperliche Belastung ebenso krankheitsfördernd auswirken wie eine zu geringe Aktivität. Werden Bewegungsprogramme mit verhaltenstherapeutischen Methoden kombiniert, fördern diese neben einer Zunahme der körperlichen Funktionsfähigkeit auch eine schnellere Rückkehr in die Berufstätigkeit (Bunzli et al. 2011, Oesch et al. 2010). Ein effizienter Gang erfordert sowohl Beweglichkeit als auch Stabilität innerhalb des Beckengürtels. Sofern eines von beiden verloren geht, werden verschiedene Ausgleichsstrategien angewendet. Während bestimmte Mobilisationstechniken die Beweglichkeit des Iliosakralgelenks wiederherstellen können, ist dies hinsichtlich der Stabilität nicht möglich (Formschluss).

Die Stabilität kann verbessert werden, wenn Trainingsprogramme den Kraftschlussmechanismus ansprechen. Diese Programme umfassen Muskelaufbau und Timing sowie

die gezielte Stärkung der Muskeln bei funktionellen Aktivitäten. Dementsprechend werden Dysfunktionen des Iliosakralgelenks mit chronischen Schmerzen im unteren Rückenbereich anfangs häufig mit konservativen Techniken wie Physiotherapie, Manipulation der Wirbelsäule körperlicher Betätigung, pharmakologischen Eingriffen, intraartikulären Injektionen oder Nerven-Ablation behandelt (Ruppert et al. 2009).

Zur Behandlung von subakuten und chronischen Verläufen von Schmerzen im Iliosakralgelenks-Bereich ist in Bezug auf Schmerzreduktion und bessere Funktionsfähigkeit im Vergleich zur allgemeinen medizinischen Versorgung und zu passiven Therapiemaßnahmen die Bewegungstherapie effektiver.

Bewegungsprogramme mit einem verhaltenstherapeutischen Ansatz können zu einer Zunahme der körperlichen Funktionsfähigkeit und auch zu einer schnelleren Rückkehr in die Berufstätigkeit führen (Oesch et al. 2010, Kriese et al. 2010, Smith et al. 2014). Entscheidend für die Auswahl einer optimalen Vorgehensweise ist die individuelle Anpassung mit Bezug auf die Lebensweise und Fitness der Betroffenen (Slade et al. 2014). Der Erfolg wird auch von der angepassten Anleitung durch einen qualifizierten Therapeuten abhängig sein.

Beim Funktionstraining werden Physiotherapie und Ergotherapie eingesetzt mit dem Ziel, die Funktion zu erhalten oder zu verbessern, Schmerzen zu lindern und Hilfe zur Selbsthilfe und Krankheitsbewältigung zu geben. Funktionsverluste sollen vermieden oder hinausgezögert werden. Dabei wird besonders auf spezifische körperliche Strukturen wie bestimmte Muskelgruppen oder Gelenke geachtet (O'Connor et al. 2015, Surkitt et al. 2012, Scharrer et al. 2012).

Manual-therapeutische Eingriffe an den Iliosakralgelenken können angewandt werden, sofern durch Probemobilisation gezielt vorgegangen wird und entsprechende Kontraindikationen beachtet werden (Traeger et al. 2019, Kochen et al. 2009).

Nach offiziellen Empfehlungen (Leitlinien-Kreuzschmerz) sollen zur Behandlung von Beschwerden im Iliosakralgelenk Kinesio-Taping, Kurzwellendiathermie, perkutane elektrische Nervenstimulation (PENS) oder Magnetfeldbehandlung nicht angewendet werden (Vanti et al. 2015, Durmus et al. 2014, Pittler et al. 2007, Ehrenbrusthoff et al. 2012). Auch für therapeutischen Ultraschall konnte kein gesicherter Nachweis einer Wirksamkeit erbracht werden (Ebadi et al. 2014).

Prüfungen auf die Wirksamkeit von Wärmepflastern bei Patienten mit akuten Rückenschmerzen zeigten kurzzeitige positive Effekte hinsichtlich Schmerzintensität und körperlicher Funktionsfähigkeit. Die Kombination von Wärmepflaster und Bewegung führte gegenüber einer alleinigen Wärmetherapie ebenfalls zu einer signifikanten Linderung der Schmerzen und Abnahme der Funktionseinschränkungen. Demgegenüber konnte kein Hinweis auf die Wirksamkeit von Kältetherapie bei der Behandlung von Iliosakralgelenk-Beschwerden gefunden werden (Abdel et al. 2014, French et al. 2006). Auch durch Massage kann eine kurz- und langfristige Besserung der Schmerzen erreicht werden. Allerdings muss die Chance auf Wirksamkeit als mäßig betrachtet werden; dennoch kann Massage zum Wohlbefinden der Betroffenen beitragen und die Compliance für aktivierende Maßnahmen unterstützen (Furlan et al. 2015).

Die Wirksamkeit dieser nicht-medikamentösen Behandlungen ist teilweise unzureichend oder nur vorübergehend (Hansen et al. 2012). Insofern besteht in den meisten Fällen die Notwendigkeit einer Verordnung von Medikamenten.

## **1.5 Medikamentöse Therapie**

Die Verordnung von Medikamenten bei schmerzhaften Beschwerden im Bereich der Iliosakralgelenke kann vorrangig nur als Maßnahme zur Linderung der Symptome dienen. Sie bewährt sich auch bei der Durchführung nicht-medikamentöser Maßnahmen. Dabei muss das Risiko unerwünschter Begleiteffekte bei übermäßiger Einnahme bzw. bei Langzeitanwendung beachtet werden.

Im Vordergrund der medikamentösen Therapie bei Iliosakralgelenk-Beschwerden stehen die nicht-steroidalen Antiphlogistika (NSAID). Als nicht-steroidale, entzündungshemmende Arzneimittel (NSAID) wird eine Gruppe von häufig chemisch nicht verwandten Verbindungen mit einigen therapeutischen Wirkungen und Nebenwirkungen bezeichnet. Diese Medikamente haben eine starke entzündungshemmende, analgetische und fiebersenkende Wirkung und gehören zu den weltweit am häufigsten verwendeten Arzneimitteln. Es wird allgemein angenommen, dass einer ihrer Hauptwirkungsmechanismen die Hemmung der Cyclooxygenase (COX) ist, des Enzyms, das für die Biosynthese der Prostaglandine und Thromboxane verantwortlich ist.

NSAIDs sind auch mit einem erhöhten Risiko für unerwünschte gastrointestinale, renale und kardiovaskuläre Wirkungen verbunden. Sie sollen möglichst kurzfristig und oral angewendet werden (Chung et al. 2013, Kuijpers et al. 2011). Zur Vermeidung gastrointestinaler Nebenwirkungen empfiehlt sich eine zusätzliche Einnahme von Protonenpumpen-Hemmern. Als Tagesdosen werden empfohlen: Ibuprofen 1.2–2.4 g, Diclofenac 50–150 mg, Naproxen 750–1000 mg. In diesen Dosierungsbereichen sind keine unterschiedlichen Wirkungen zu erwarten.

Neben gastrointestinalen Beschwerden zählen Kopfschmerzen, Schwindel, Verminderung der Harnausscheidung, Bluthochdruck und Herzinsuffizienz zu den Nebenwirkungen dieser Wirkstoffklasse. Kontraindikationen bestehen bei wiederholt aufgetretenen peptischen Ulzera und Blutungen, schwerer Herzinsuffizienz, schweren Leber- und Nierenfunktionsstörungen und Überempfindlichkeit. NSAIDs hemmen auch die antithrombotische Wirkung von Acetylsalicylsäure (Bacchi et al. 2012).

Metamizol kann – besonders bei Unverträglichkeiten von NSAIDs – als wirksame Alternative angesehen werden; allerdings fehlt diesem Wirkstoff die antientzündliche Komponente.

Abgesehen von seiner analgetischen Wirkung ist das Medikament ein fiebersenkendes und spasmolytisches Mittel. Der Mechanismus, der für die analgetische Wirkung verantwortlich ist, beruht höchstwahrscheinlich auf der Hemmung einer zentralen Cyclooxygenase-3 und der Aktivierung des opioidergen Systems sowie des Cannabinoide systems. Metamizol kann sowohl PG-abhängige als auch PG-unabhängige Fieberwege blockieren, die durch LPS induziert werden, was darauf hindeutet, dass dieses Medikament ein deutlich anderes Antipyretikaprofil aufweist als NSAIDs. Metamizol ist ein relativ sicheres Arzneimittel. Unter den Nebenwirkungen ist die myelotoxische Wirkung die schwerwiegendste. Es scheint jedoch, dass in der Vergangenheit das Risiko einer Metamizol-induzierten Agranulozytose übertrieben wurde. Trotz des Beweises, dass kein Risiko für teratogene und embryotoxische Wirkungen besteht, darf das Arzneimittel schwangeren Frauen nicht verabreicht werden (Lampf, Likar 2014).

Opioide wirken sowohl präsynaptisch als auch postsynaptisch und haben daher eine analgetische Wirkung. Präsynaptisch blockieren Opioide Kalziumkanäle auf nozizeptiv

afferenten Nerven, um die Freisetzung von Neurotransmittern wie Substanz P und Glutamat zu hemmen. Postsynaptisch öffnen Opioide Kaliumkanäle, die Zellmembranen hyperpolarisieren und das erforderliche Aktionspotential zur Erzeugung nozizeptiver Übertragung erhöhen. Die Opioidrezeptoren  $\mu$ ,  $\kappa$  und  $\delta$  vermitteln die Analgesie spinal und supraspinal.

Die Opioid-Analgesie ist zur Behandlung von Schmerzen bei Patienten indiziert, wenn zu erwarten ist, dass der erwartete Nutzen für Schmerzlinderung und Funktion das Risiko für den Patienten überwiegt. Wenn Opioide angewendet werden, sollten sie mit nicht-opioiden Schmerzmitteln kombiniert werden. Wenn Opioide bei akuten Schmerzen zur Anwendung kommen, sollte die niedrigste wirksame Dosis mit sofortiger Wirkstofffreisetzung verschrieben werden.

Opioidanalgetika können über eine Vielzahl von Arzneiformen verabreicht werden. Die meisten Opioide sind in oralen Formulierungen erhältlich, einschließlich Tabletten mit sofortiger oder verzögerter Freisetzung. Intravenöse Formulierungen von Opioiden wie Morphin, Hydromorphon und Fentanyl werden sehr häufig zur Schmerzbekämpfung oder Sedierung bei stationären Patienten eingesetzt. Fentanyl ist auch für transdermale Pflaster zur verlängerten Absorption erhältlich. Rektale Formulierungen von Morphin und Hydromorphon werden üblicherweise auch Patienten verabreicht, die keine Medikamente durch den Mund vertragen können. Morphin kann auch häufig epidural zur Behandlung von akuten Schmerzen und intrathekal in Form von implantierbaren Wirbelsäulenpumpen zur Behandlung von chronischen Schmerzen und zur Palliativversorgung verabreicht werden.

Aufgrund der Verteilung der Opioidrezeptoren innerhalb und außerhalb des Nervensystems verursachen Opioidanalgetika ein breites Spektrum an Nebenwirkungen, einschließlich Dysphorie, Euphorie, Sedierung, Atemdepression, Verstopfung, Unterdrückung des endokrinen Systems, Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Bradykardie) sowie Krämpfe Übelkeit, Erbrechen, Juckreiz und Miosis. Darüber hinaus kann die Langzeitanwendung von Opioid-Analgesie zu Toleranz und in einigen Fällen zu Opioid-induzierter Hyperalgesie und / oder Allodynie führen.

Opioide mit serotonerger Aktivität wie Tramadol, Oxycodon, Fentanyl, Methadon, Dextromethorphan, Meperidin, Codein und Buprenorphin können bei Verwendung mit



anderen Wirkstoffen mit serotonerger Aktivität ein Serotonin Syndrom verursachen. Daher sollte die gleichzeitige Anwendung mit anderen serotonergen Wirkstoffen vorsichtig erfolgen oder ganz vermieden werden (Jamiso, Mao 2015, Dowell et al. 2016).

Die Anwendung von Antidepressiva bei chronischen nicht-spezifischen Rückenschmerzen wird aus vorgenannten Gründen widersprüchlich diskutiert (Urquart et al. 2008, Schnitzer et al. 2004). Gesetzlich sind für die langfristige Behandlung chronischer Schmerzen mehrere

NSMRI (Amitriptylin, Clomipramin, Imipramin und Trimipramin) zugelassen. Die Anwendung bei chronischen nicht-spezifischen Rückenschmerzen unterliegt jedoch den Off-Label-Use-Kriterien. Dabei sollte davon ausgegangen werden, dass bei Vorliegen von komorbider Depression oder Schlafstörung Antidepressiva eine Möglichkeit zur Erweiterung der Therapiemöglichkeiten bieten können.

Hinsichtlich der Verordnung von Neuroleptika muss berücksichtigt werden, dass Patienten mit chronischen Schmerzen im Iliosakralgelenk-Bereich häufig an neuropathischen Schmerzen leiden (Fishbain et al. 2014, Chou, Huffman 2007, Atkinson et al. 2016). Da sich die Ätiopathogenese von chronischen Rückenschmerzen – auch bei Iliosakralgelenk-Beschwerden – als außerordentlich vielfältig erweist und es sich wahrscheinlich um ein heterogenes Phänomen mit sowohl neuropathischen als auch somatischen Komponenten handelt, wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, um zu klären, inwieweit Neuroleptika eine signifikante Therapieoption darstellen. Es zeigte sich, dass Gabapentin bei neuropathischen Schmerzzuständen analgetisch wirkt (Serpell 2002) und mit einer Verbesserung der Lebensqualität und -funktion einhergeht. Auch für Pregabalin, einem Analogon von Gabapentin mit vermutlich demselben Wirkmechanismus, wurde eine analgetische Wirkung z. B. bei Fibromyalgie beschrieben (Roskell et al. 2011). Individuell stellen diese Substanzen bei chronischen, nicht-spezifischen Rückenschmerzen und vorliegender neuropathischer Schmerzkomponente im Rahmen eines therapeutischen Gesamtkonzeptes eine zusätzliche Therapieoption (off label) dar. Dabei sind die unerwünschten Wirkungen (z. B. Ermüdung, Fieber sowie Somnolenz, Schwindelgefühl oder Ataxie) und Kontraindikationen der jeweiligen Substanzen zu beachten.

Intraartikuläre Infiltrationstherapie: Als lokale Behandlungsmaßnahme zur Schmerzlinderung werden therapeutische Infiltrationen des Iliosakralgelenks mit Lokalanästhetika vorgenommen, oft in Kombination mit Corticoiden, um den pathologischen Reizzustand zu vermindern. Eine ausreichende Wirksamkeit kann mit dieser Vorgehensweise meistens erst nach mehr als sechs Applikationen erreicht werden. Klinisch signifikante positive Reaktionen auf die Iliosakralgelenk-Injektion sind begrenzt, bieten jedoch eine Prognose für eine 50 %-ige oder 100 %-ige Linderung nach zwei bis vier Wochen. Voraussetzung für den Erfolg ist eine gezielte Injektion unter fluoroskopischer Kontrolle. (Chakraverty, Dias 2004, Slipman et al. 2001, Katz et al. 2003, Schneider BJ et al. 2018).

Die Radiofrequenz-Behandlung von Schmerzen im Iliosakralgelenk ist gut etabliert. Die klinischen Resultate der klassischen monopolaren Radiofrequenz-Behandlung sind durch eine hohe Rezidivrate begrenzt, was durch eine unvollständige Denervierung des Rami dorsalis verursacht werden kann. Die Simplicity III-Sonde wurde erfunden, um die Rekrutierung von Schmerzfasern durch ihr Mehrelektroden-Design zu optimieren. Die kontrollierte Erprobung zeigte eine deutlich fortgeschrittene Verbesserung der klinisch relevanten Schmerzlinderung ( $\geq 50\%$ ) sowie eine fortgeschrittene Verbesserung der schmerzbedingten Behinderung und eine höhere Zufriedenheit. Die Radiofrequenz-Behandlung des Iliosakralgelenks mit der Simplicity III-Sonde ist wirksam und führt auch ein Jahr nach der Behandlung zu einer deutlichen Schmerzreduktion.

Diese Technik zeigt deutliche Vorteile gegenüber der herkömmlichen Monolesion-Technik und ist eine nützliche Behandlung für Patienten mit rezidivierenden Beschwerden im Iliosakralgelenk (Bayerl et al. 2018). Die modernen minimalinvasiven Fusionstechniken führen somit auch zu einer langfristigen knöchernen Stabilisierung.

## 1.6 Operative Eingriffe

Bei chronischen Gelenkschmerzen (> 6 Monate), die nicht auf eine konservative Behandlung ansprechen, kommen nach eingehender Untersuchung chirurgische Eingriffe (Fusionen) infrage (Ashman et al. 2010).

Mit Hilfe der operativen Eingriffe sollen die Iliosakralgelenke wieder stabilisiert werden, so dass eine deutliche Schmerzlinderung und Besserung der zuvor eingeschränkten Funktionsfähigkeit erzielt wird.

In der Vergangenheit wurde die Arthrodesese dieses Gelenks mit großen offenen Arthrodesese-Techniken behandelt. Offene Techniken sind mit erhöhtem Blutverlust, einem gesteigerten Infektionsrisiko, längeren Krankenhausaufenthalten und andauernden Erholungszeiten verbunden. Seitdem wurden neuere minimalinvasive Techniken entwickelt, die es ermöglichen, ein für die Patienten zufriedenstellendes Resultat zu erreichen und gleichzeitig die Morbidität zu minimieren (Yson et al. 2019, Sachs, Capobianco 2012, Cher, Polly 2016, Rudolf 2014, Lorio 2016).

2015 wurde eine Literaturrecherche (Zaidi et al. 2015) für alle Artikel, die von 2000 bis 2014 bezüglich der Iliosakralgelenk-Fusion veröffentlicht wurden, publiziert. In die Literaturrecherche wurden originäre, von Experten begutachtete, prospektive oder retrospektive wissenschaftliche Arbeiten aufgenommen.

Insgesamt 16 von Experten begutachtete Zeitschriftenartikel erfüllten die Einschlusskriterien. Demnach wurden 430 Patienten eingeschlossen, von denen 131 offen und 299 minimalinvasiv operiert worden waren. Die durchschnittliche Follow-up Dauer für offene Operationen betrug 60 Monate, 21 Monate waren es für die minimalinvasiven. Iliosakralgelenk-Degenerationen (59,8 %) waren die häufigsten Pathologien bei Patienten, die sich einem chirurgischen Eingriff unterzogen, gefolgt von einer Iliosakralgelenk-Dysfunktion (18,4 %) und einer postpartalen Instabilität (7,2 %). Die radiologisch bestätigten Fusionsraten betrugen 20 %–90 % für offene Operationen und 13 %–100 % für die minimalinvasive Vorgehensweise. Die durch Schmerzreduktion, Funktion und Lebensqualität bestimmten Raten für eine hervorragende Zufriedenheit lagen zwischen 18 % und 100 % bei offenen chirurgischen Fällen – im Mittel bei 54 %. Bei MIS-Patienten

lag das ausgezeichnete Ergebnis, gemessen an der Zufriedenheit der Patienten mit der Operation

Patienten mit der Operation, zwischen 56 % und 100 % (Mittelwert 84%). Die Re-Operationsrate nach offener Operation lag zwischen 0 % und 65 % (Mittelwert 15 %). Die Wiederholungsrate nach MIS lag zwischen 0 % und 17 % (Mittelwert 6 %).

Inzwischen werden mehrere minimalinvasive Verfahren mit modernen Verfahren und optimierten Materialien durchgeführt; sie ermöglichen gute und rasche Behandlungserfolge (Smith AG et al 2013, Ashman et al., 2010, Fuchs, Ruhl 2018).

Hierzu gehören u.a.:

TriCor™ (Zimmer Biomet), eine Arthrodesen-Schraube für das Iliosakralgelenk mit muschelförmigem Design des Implantates.

Silex™ Sacroiliac Joint Fusion System (X-spine Systems, Inc.) mit Knochenschrauben aus Titanlegierungen unterschiedlicher Länge mit spezifischen Gewinden.

In der vorliegenden Untersuchungsreihe wurden iFuse®-Implantate (SI-BONE Inc.) verwendet. Diese Implantate mit dreieckigem Profil und einer Beschichtung aus porösem Titanplasma-spray (TPS), werden seit mehr als 12 Jahren (Bornemann et al. 2017) eingesetzt. Für die Implantation können Implantate in Längen von 30 mm bis 70 mm sowie mit einem Durchmesser von 4 und 7 mm ausgewählt werden. Die Operation wird unter Vollnarkose und fluoroskopischer Kontrolle durchgeführt. Ein kanüliertes Einführsystem wird für die Einbringung der Implantate in das Iliosakralgelenk verwendet. Durch die poröse Oberfläche kommt es zu einer biologischen Fixierung (Hansen et al. 2012; Mac Barb et al. 2017, Duhon et al. 2016).

## **Zielsetzung**

In Ergänzung zu den bereits vorliegenden Daten für die Anwendung des iFuse-Systems sollte deskriptiv eine Fallsammlung erstellt werden, für die innerhalb einer Zeitspanne von drei Jahren all die Patienten ausgewählt wurden, bei denen entsprechend den Richtlinien der Klinik nach umfangreichen Untersuchungen zur Diagnose ein operativer Eingriff vorgenommen wurde.

Ziel der Datenerfassung war es, Wirksamkeit und Verträglichkeit der operativen Behandlung über einen Zeitraum von vier Jahren darzustellen, um auf diese Weise weitere Informationen über die Zuverlässigkeit der Implantation für einen längeren Zeitraum zu gewinnen und zu dokumentieren. Die Dokumentation sollte sich auf die Resultate regelmäßiger Untersuchungen mit radiologischen Kontrollen, klinischen Befunden, Erfassung der Schmerzintensität, der Funktionsfähigkeit und der Lebensqualität erstrecken. Zusätzlich zu diesen Befunden sollte der Verbrauch an Opioiden erfasst und den Resultaten der klinischen Untersuchungen gegenübergestellt werden.

## **2. Material und Methoden**

### **Einschlusskriterien**

Alle Patienten, die sich zwischen 2010 und 2015 an der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn nach mindestens sechsmonatiger konservativer Behandlung mit unzureichendem Resultat (hohe Schmerzintensität, starke Funktionseinschränkungen) einer minimalinvasiven Iliosakralgelenksfusion unterzogen hatten, wurden in diese Fallsammlung aufgenommen. Voraussetzung für die endgültige Entscheidung zum operativen Eingriff war ein mindestens 75%-iger Rückgang der Schmerzen nach zweimaliger Injektion eines Lokalanästhetikums in ein Iliosakralgelenk. Die Patienten wurden gem. §§ 40–42 des Arzneimittelgesetzes über Wesen, Bedeutung und Tragweise des Eingriffs aufgeklärt und gaben schriftlich ihre Einwilligung zur Teilnahme und zur Verwendung der pseudonymisierten Daten für eine statistische

Auswertung sowie zur Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift. Die Patienten hatten jederzeit die Möglichkeit, ihre Einwilligung zu widerrufen. Das Konzept für diese deskriptive Untersuchungsreihe wurde der Ethik-Kommission der Universität Bonn vorgelegt und mit einem positiven Votum beschieden.

Ausschlusskriterien:

Patienten < 18 Jahre.

Patientinnen in der Schwangerschaft bzw. im gebärfähigen Alter ohne ausreichenden Konzeptionsschutz.

Patienten, die als unmündig erklärt waren oder sich als nicht-compliant erwiesen.

Patienten mit manifester Osteoporose.

Patienten mit Kontraindikation für eine Narkose.

Patienten wurden auch ausgeschlossen, wenn sie eine der folgenden Bedingungen erfüllten: unzureichende diagnostische Möglichkeit, die Schmerzen auf pathologische Veränderungen im Iliosakralgelenk zurückzuführen; Schmerzen im Iliosakralgelenk aufgrund von Entzündungszuständen; starke Rückenschmerzen, die hauptsächlich auf andere Ursachen zurückzuführen waren (z. B. Bandscheibendegeneration, Stenose der Wirbelsäule); Anamnese eines schweren Beckentraumas (<1 Jahr); metabolische Knochenkrankheit (entweder induziert oder idiopathisch).

Bei allen Patienten wurde eine umfassende Anamnese erhoben, wobei besonders nach vorausgegangenen Operationen im Rückenbereich gefragt wurde. Alle Patienten wurden einer körperlichen Untersuchung einschließlich orthopädischer Tests und Bildgebung unterzogen. Alle diagnostischen, therapeutischen und pflegerischen Maßnahmen wurden als Teil einer routinemäßigen klinischen Versorgung durchgeführt und enthielten keine weiteren Untersuchungsverfahren, Eingriffe, Medikamente oder Medizinprodukte.

Die minimalinvasive Iliosakralgelenksfusion wurde wie in der Literatur bereits beschrieben (Rudolf 2012) durchgeführt. Alle Eingriffe wurden unter Vollnarkose unter Verwendung

von Fluoroskopie oder 3-D-Computernavigation auf der Grundlage einer intraoperativen CT-Bildgebung vorgenommen. Es wurde ein 3 bis 5 cm langer seitlicher Einschnitt über der Gesäßregion ausgeführt und die Gefäßfaszie stumpf präpariert, um das äußere Blatt des Iliums zu erreichen. Ein Führungsstift wurde durch das Ilium über das Iliosakralgelenk in die Mitte des Kreuzbeins seitlich der neuralen Foramina geführt. Mit einem Bohrer wurde ein Weg in das Kreuzbein geschaffen, um die knöchernen Oberflächen zu dekortieren. Anschließend wurde eine dreieckige Raspel eingeführt, um den Weg für das Einsetzen des Implantats vorzubereiten, das dann manuell eingetrieben wurde. Insgesamt wurden zwei bis drei Implantate über dem Iliosakralgelenk platziert. Der Einschnitt wurde gespült und die Gewebeschichten nacheinander geschlossen. Patienten, die eine Behandlung beider Iliosakralgelenke benötigten, wurden am selben Tag bilateral operiert.

Postoperativ wurden die Probanden aufgefordert, etwa zwei bis drei Wochen lang mit einem Vorderrad-Gehgerät oder Krücken bei Fersen-Zehen-Aufsetzbelastung zu bleiben, was schrittweise bis zu einer vollständigen ambulanten Belastung gesteigert wurde. Nach etwa zehn Tagen postoperativ wurde den Patienten Physiotherapie verordnet.

Die medizinischen Aufzeichnungen der behandelten Patienten wurden vom behandelnden Facharzt nachträglich überprüft, um relevante Ergebnisse und Verfahrensdetails zu ermitteln. Ein Tag nach der Operation wurde die erste Kontrolluntersuchung vorgenommen. Die Patienten wurden dann zu den nachfolgenden Kontrollen einbestellt.

Bei den Nachuntersuchungen wurden folgende Daten erhoben und protokolliert:

- Schmerzintensität auf einer numerischen Schmerzskala von 0 (kein Schmerz) bis 10 (höchste Schmerzintensität) (Williamson, Hoggart 2005)
- Oswestry Disability Index (ODI) (Fairbank, Pynsent 2000). Der Oswestry Disability Index (auch als Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire bezeichnet) ist ein Instrument, mit dem dauerhafte funktionelle Behinderung eines Patienten erfasst werden. Der Test wird als wichtiges Instrumentarium für funktionelle

Störungen und deren Verläufen unter einer Therapie im unteren Rückenbereich angesehen. Für jede Sektion beträgt die mögliche Gesamtpunktzahl 5.

- EQ-5D Health States (Greiner et al. 2003). Der EQ-5D-5L Fragebogen ist ein weit verbreitetes generisches Instrument zur Beschreibung und Bewertung der Gesundheit, das von der EuroQol-Gruppe entwickelt wurde. Es handelt sich dabei um einen Gesundheitsfragebogen zum Einsatz in bevölkerungsbezogenen, klinischen oder gesundheitsökonomischen Studien. Der EQ-5D drückt den Gesundheitszustand der Befragten in einer eindimensionalen Maßzahl von 0 (sehr schlecht) bis 5 (bestmöglicher Gesundheitszustand) aus.
- Angaben zur Anwendung von Opioiden

Zum Abschluss der Untersuchungsserie wurden radiologische Aufnahmen erstellt und beurteilt.

Die Daten der Patienten wurden in eine Auswertungstabelle BiAS<sup>®</sup> übertragen (Ackermann H Frankfurt, 2016). Es wurden Mediane und Quartile 1 bzw. 3 (Q1; Q3) berechnet. Für Vergleiche zum Verlauf fand der Wilcoxon Matched Pair Test Anwendung (Bortz et al. 2010).

Neben den p-Werten (Signifikanz  $p < 0.05$ ) wurden der Hodges-Lehmann-Schätzer für die Differenz vorher–nachher und die Effektstärke R nach Rosenthal:  $R = Z/\sqrt{n}$  berechnet. Bewertung:  $R = 0.1$  gering,  $R = 0.3$  mittel,  $R = 0.5$  groß,  $R > 0.7$  sehr groß.

Zum Nachweis von Korrelationen nach Spearman wurde die Edgeworth-Approximation verwendet. Die Effektstärke Rho wurde unterteilt:  $< 0.2$  = keine,  $0.2–0.4$  = schwach,  $0.4–0.6$  = moderat,  $0.6–0.8$  = stark,  $> 0.8$  = optimal (Timischl 2013).

Zum Vergleich von Angaben bzgl. Patientenzahlen wurde der Mantel-Haenszel-Test mit Berechnung von Chi-Quadrat angewendet.



### 3. Resultate

In die Fallsammlung wurden nacheinander 48 Patienten (w = 42; 88 %, m = 6; 12 %) aufgenommen. Bei diesen Patienten war, nach unzureichenden konservativen Behandlungsversuchen, durch die Ergebnisse der Iliosakralgelenk-Blockaden in der Folge von Injektionen eines Lokalanästhetikums die Indikation für einen operativen Eingriff bestätigt worden.

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 53 Jahre (Min: 18; Max: 76 Jahre). Bei 21 Patienten (44 %) wurde der Eingriff links vorgenommen, bei 24 Patienten (50 %) rechts und bei drei Patienten (6 %) auf beiden Seiten.

Zwei Patienten (eine weiblich, 45 Jahre; einer männlich, 45 Jahre) konnten ein Jahr nach den Operationen zu den Befunderhebungen nicht mehr erreicht werden, so dass sich die Auswertungen für das Gesamtkollektiv ab der Kontrolluntersuchung (ein Jahr p. o.) auf nur noch 46 Patienten beziehen. Bei den Drop-outs hatten sich zu den Kontrollen nach einem halben Jahr p. o. keine Auffälligkeiten ergeben (Rückgang der Schmerzintensität > 60 %, Besserung der Funktionsfähigkeiten > 50 %).

In Tabelle 1 sind die Resultate der Befunde hinsichtlich Schmerzen, Funktionsfähigkeit, gesundheitsbezogener Lebensqualität vor den Operationen und zu den angegebenen Zeiten der nachfolgenden Kontrollen über vier Jahre zusammengestellt.

**Tab. 1:** Klinische Befunde vor und nach den operativen Eingriffen über vier Jahre

<b>Klinische Befunde vor und nach den operativen Eingriffen über vier Jahre</b>						
<b>Kontrolltermine</b>	<b>Schmerzskala numerisch 0–100 mm</b>		<b>Oswestry Score Prozent</b>		<b>EQ5D Health States Punktwert</b>	
	Median	Min–Max	Median	Min–Max	Median	Min–Max
Prae Op n = 48	85	69–96	77	62–88	43.5	32–52
1 Monat po	39.5	26–57	40	28–63	47	32–72
3 Monate po	26	17–34	36	26–56	47	32–72
6 Monate po	26.5	20–38	32	24–48	70	38–77
12 Monate po n= 46	26.5	18–36	34	24–44	72	42–84
24 Monate po	29.5	10–44	33	24–48	72	47–84
48 Monate po	30	10–46	34	24–52	72	47–84

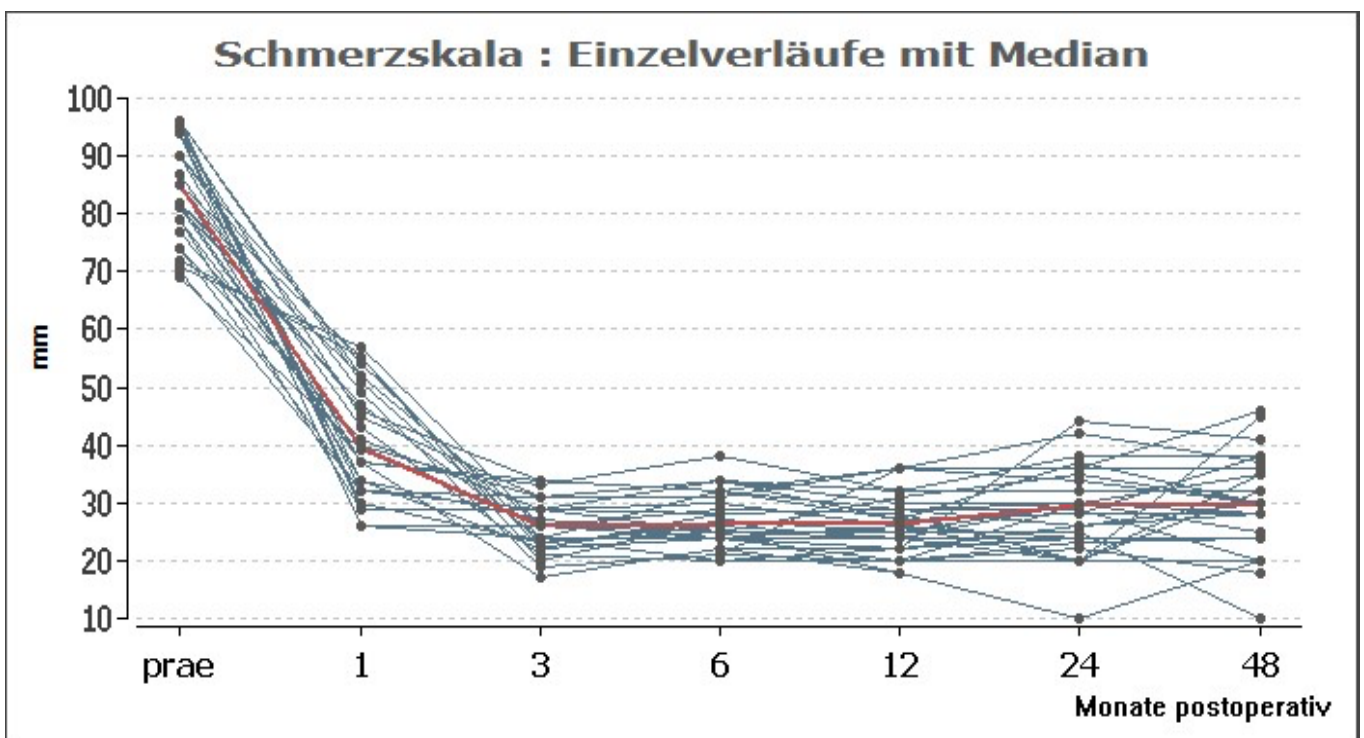
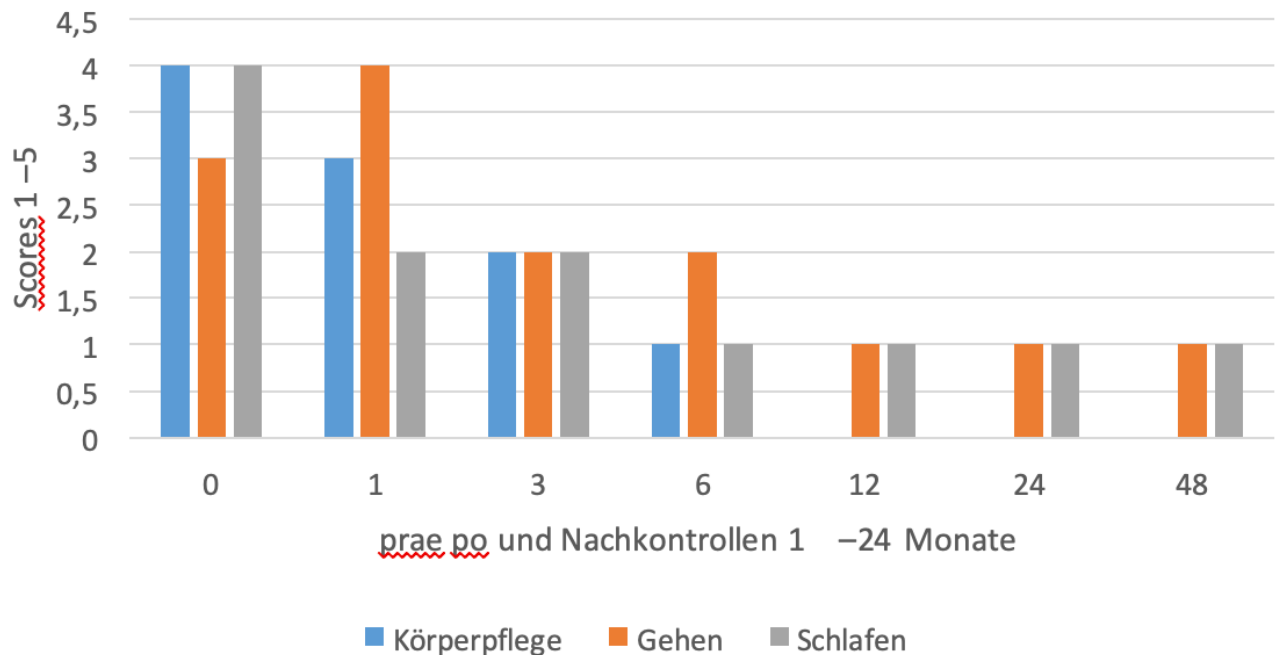
**Abbildung 1:** Schmerzskala: Einzelerläufe mit Median

Abbildung 1 zeigt beispielhaft den Verlauf der Schmerzintensitäten über den Kontrollzeitraum von 48 Monaten. Es können nur geringe individuelle Abweichung vom medianen Verlauf registriert werden. (Gleichwertige Verläufe werden jeweils nur einmal dargestellt). Der Median, welcher in Abbildung 1 als rote Linie dargestellt wird, zeigt die Entwicklung des durchschnittlichen Schmerzempfindens vom praeoperativen Zeitpunkt bis 48 Monate nach der OP.

**Tabelle 2** zeigt die Differenzen der Messdaten (präoperativ vs. Kontrolltermine), welche dargestellt und statistisch berechnet werden.

<b>Differenzen der Variablen</b>			
<b>Schmerz, Funktionsfähigkeit und Lebensqualität</b>			
<b>Präoperativ versus Kontrolltermine (Monate 1,12,24 und 48)</b>			
	<b>Schmerzskala</b>	<b>Oswestry-Score</b>	<b>EQ5D Health States</b>
<b>Zeit-Intervalle</b>	<b>Δ mm (%)</b>	<b>Δ Prozent (%)</b>	<b>Punktwerte (%)</b>
<b>Prae-op – 1 Monat</b>	-43,3 (51)	-38 (49)	2,5 (6)
<b>Prae-op – 3 Monate</b>	-58 (68)	-39 (51)	4 (9)
<b>Prae-op – 6 Monate</b>	-57 (67)	-44 (57)	24 (55)
<b>Prae-op – 12 Monate</b>	-58,5 (69)	-44 (57)	27,5 (63)
<b>Prae-op – 24 Monate</b>	-57 (67)	-43 (56)	28 (71)
<b>Prae-op – 48 Monate</b>	-55 (65)	-43 (56)	28 (71)
<b>Effektstärke r; p</b>	r = 0,62; p < 0,0001	r = 0,62; p < 0,0001	r = 0,62; p < 0,0001

Der Rückgang des Oswestry-Scores nach 48 Monaten korreliert mit dem Rückgang der EQ-5D Punktwerte (Korrel.-Koeff. = 0.4;  $p = 0.01$ ). Zwischen den übrigen Variablen konnten keine gesicherten Beziehungen errechnet werden.



**Abbildung 2** Verlauf einzelner Variablen

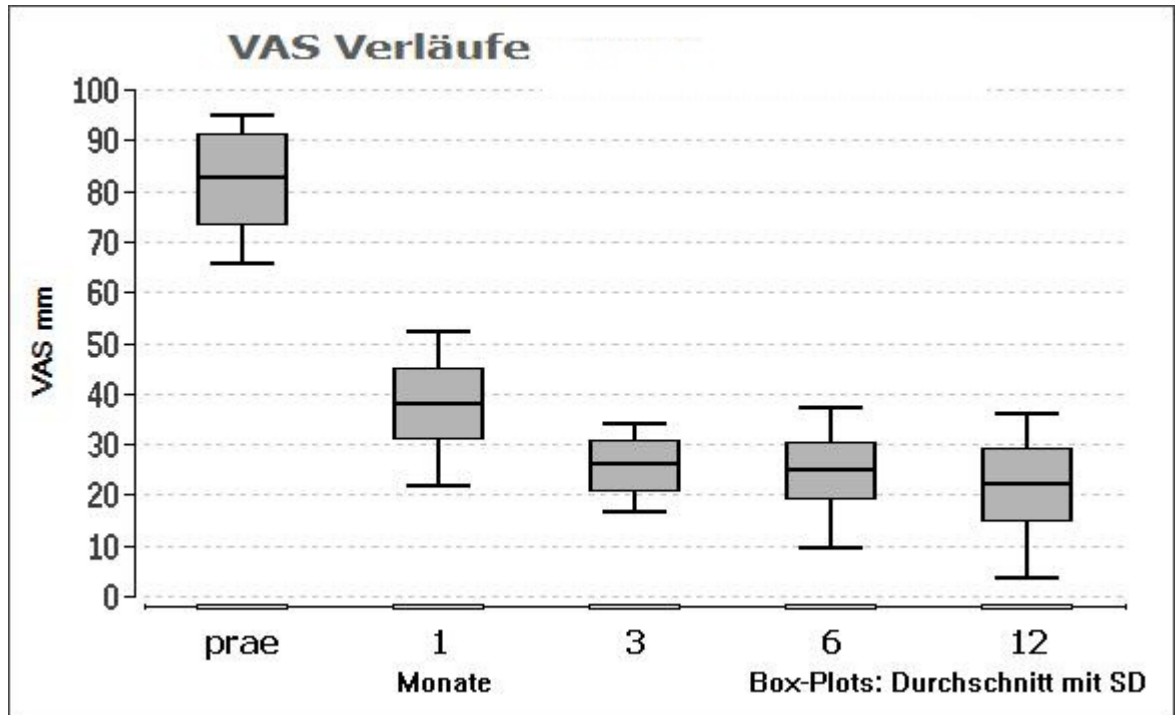
In Abb. 2 werden die zeitlichen Abläufe der Medianwerte von drei wichtigen Variablen des Oswestry-Scores einander gegenübergestellt.

Dabei zeigt sich, dass die Patienten nach den Operationen schnell ihre zuvor sehr eingeschränkten Fähigkeiten zur Körperpflege zurückgewinnen, dass aber in Einzelfällen weiterhin mit Beschwerden beim Laufen und mit Beeinträchtigungen beim Schlaf zu rechnen ist.

Vor der Operation wurden von 36 Patienten (75 %) Opioid-Präparate eingenommen. Der Verbrauch an Opioid-haltigen Schmerzpräparaten ging im ersten Monat auf 54 % zurück. Nach einem Jahr erhielten noch sechs und nach vier Jahren nur noch vier der ehemals 36 Patienten Opioide.

Vor den Operationen lagen die Medianwerte der Schmerzskala bei 83 mm (mit Opioid) bzw. bei 90 mm (ohne Opioid). Die Abbildung 3 zeigt die Breite des Schmerzbereichs, jeweils unabhängig von der Einnahme der Schmerzpräparate. Die Medianwerte betragen

bei den Patienten mit Opioiden 83,5 (83,5–96) mm und bei Patienten ohne Opioid 90 (81–96) mm, so dass sich ein Unterschied von 6 mm ergab ( $r = 0,35$ ;  $p = 0,01$ ).



**Abbildung 3** VAS-Werte und Opioid-Einnahme präoperativ und im Verlauf über 12 Monate

Nach einem Jahr konnten hinsichtlich der Schmerzintensität keine Unterschiede zwischen den Patienten mit (Median: 26,5 mm) und ohne Opioid (Median: 27 mm) festgestellt werden. Auch nach vier Jahren ergab sich keine Differenz auf der Schmerzskala (29 vs. 30 mm) zwischen den beiden Gruppen.

Bei den abschließenden Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren wurde bei vier Patienten ein unzureichendes Knochen-Bridging registriert. Die Gegenüberstellung der klinischen Parameter ergab jedoch keine Unterschiede zwischen den Werten der Patienten mit und ohne Überbrückung (VAS 48 Monate: 30 mm vs. 30 mm; ODI: 32 vs. 34 %; EQ: 72 vs. 74 Punkte).

Von den 48 Patienten hatten 12 (25%) angegeben, dass sie bereit voroperiert seien: Hüfte:  $n = 7$ , Wirbelsäule:  $n = 6$ , Hüfte und Wirbelsäule:  $n = 4$ .

Die Gegenüberstellung der klinischen Daten in Tab. 3 zeigt, dass durch diese Voroperationen kein relevanter Unterschied zwischen vor den Operationen und 48 Monate post operationem aufgetreten waren.

**Tab. 3:** Gegenüberstellung der Messdaten vor den Operationen und nach 48 Monaten in Abhängigkeit von Voroperationen an der Hüfte bzw. an der Wirbelsäule

<b>Gegenüberstellung der Messdaten vor den Operationen und nach 48 Monaten in Abhängigkeit von Voroperationen an der Hüfte bzw. an der Wirbelsäule</b>				
	<b>Ohne Voroperation</b>	<b>Mit Voroperation</b>	<b>Differenz geschätzt</b>	<b>Statistik</b>
<b>VAS prae-op mm</b>	85	83	0	n.s.
<b>VAS 48 Mon. mm</b>	30	32	3	n.s.
<b>ODI prae-op %</b>	76	81	4	n.s.
<b>ODI 48 Mon. %</b>	32	34	2	p = 0,04 <sup>+</sup>
<b>EQ prae-op</b>	43	45	1	n.s.
<b>EQ 48 Mon.</b>	72	74	2	n.s.
				<sup>+</sup> r = 0,2

Im Folgenden sind Fallbeispiele des iFuse-Implantats dargestellt.

36-jähriger Patient mit chronischen Iliosakralgelenkschmerzen bds. Darstellung der Röntgen und CT Bilder vor und nach der operativen Versorgung mittels iFUSE. Zunächst die operative Versorgung des rechten ISG Gelenkes und im Verlauf der linken ISG Gelenkes.



**Abbildung 4** präoperative Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens. Das rechte und linke ISG zeigen eine deutliche Arthrose

**Röntgen post OP 1 nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes**

**Abbildung 5** Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird überbrückt, Beispiel A1





**Abbildung 6** Röntgenaufnahme Beckeninlet des Beckens nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes mit drei iFUSE Implantaten, Beispiel A2



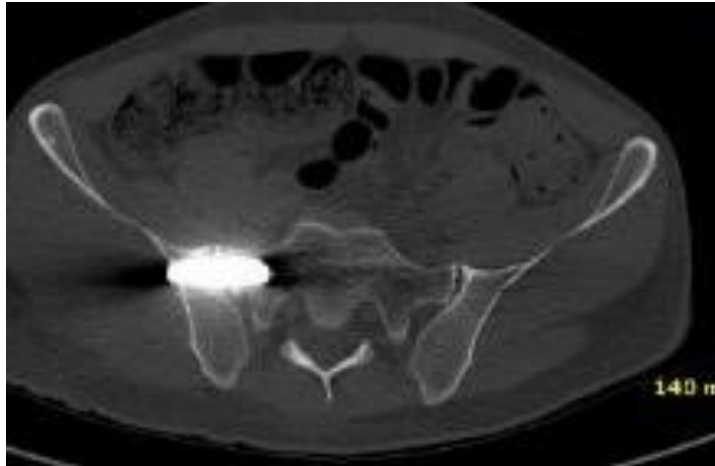
**Abbildung 7** Röntgenaufnahme Beckenoutlet des Beckens nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes mit drei iFUSE Implantaten, Beispiel A3

**CT post OP 1 nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes**

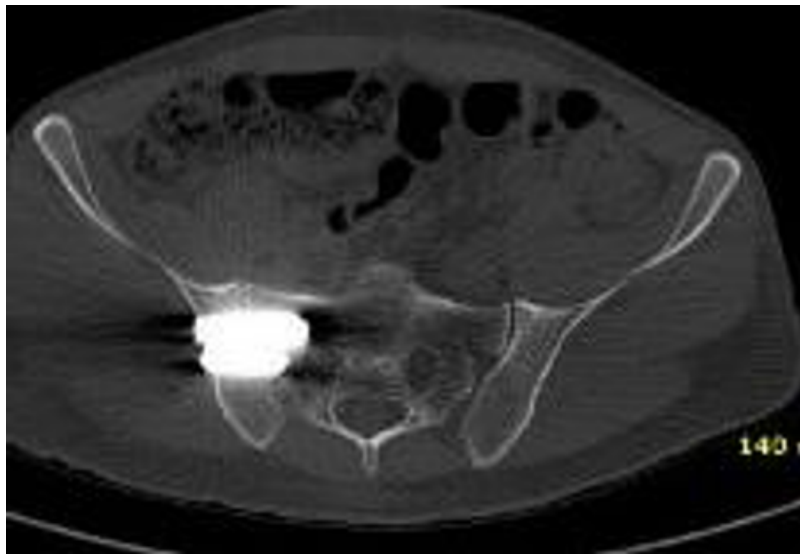
**Abbildung 8** CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild. Die Implantatlage der drei iFUSE Implantate ist regelgerecht. Das ISG wird durch die drei Implantate überbrückt, Beispiel B1



**Abbildung 9** Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild, Beispiel B2



**Abbildung 10** CT-Aufnahme post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel B3



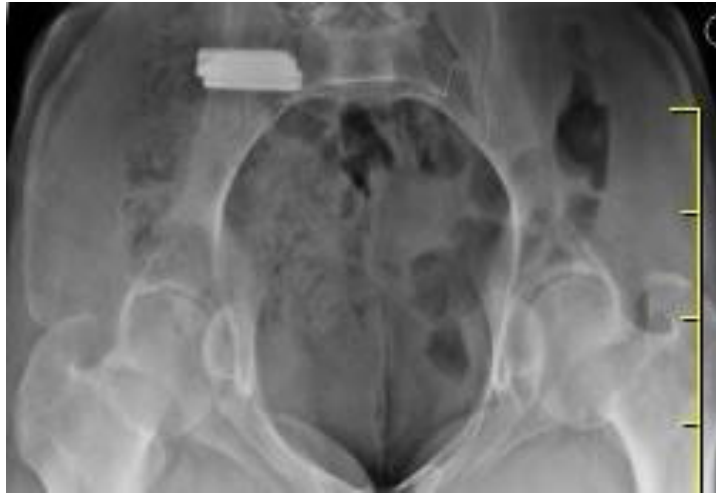
**Abbildung 11** Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel B4



**Abbildung 12** Röntgenaufnahme seitliche Projektion sechs Monate post Op. Die Implantalage der drei iFUSE Implantate ist regelgerecht. Beispiel C1



**Abbildung 13** Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens sechs Monate post Op. Die Implantalage ist Vergleich zu den postoperativen Röntgenaufnahmen unverändert. Lockerung der Implantate ist nicht zu erkennen. Beispiel C2



**Abbildung 14** Röntgenaufnahme Beckeninlet des Beckens sechs Monate post Op, die Implantatlage ist regelgercht Die Implantatlage ist Vergleich zu den postoperativen Röntgenaufnahmen unverändert. Beispiel C3



**Abbildung 15** Röntgenaufnahme Beckenoutlet des Beckens sechs Monate post Op, die Implantatlage ist regelgercht Die Implantatlage ist Vergleich zu den postoperativen Röntgenaufnahmen unverändert, Beispiel C4

## Röntgen post OP 2 nach operativer Versorgung beider Gelenkseiten



**Abbildung 16** Röntgenaufnahme seitliche Projektion sechs Monate post Op. Die Implantatlage der sechs iFUSE Implantate ist regelgerecht, Beispiel D1



**Abbildung 17** Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs. Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D2



**Abbildung 18** Röntgenaufnahme Beckeninlet des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs Monate post Op. Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D3

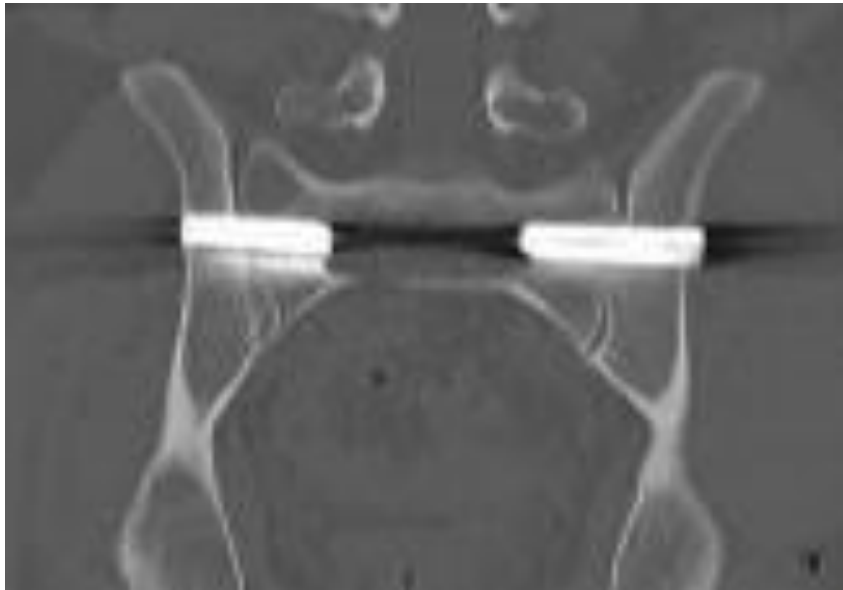


**Abbildung 19** Röntgenaufnahme Beckenoutlet des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs Monate post Op. Es Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D4



**Abbildung 20** Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs Monate post Op. Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D5

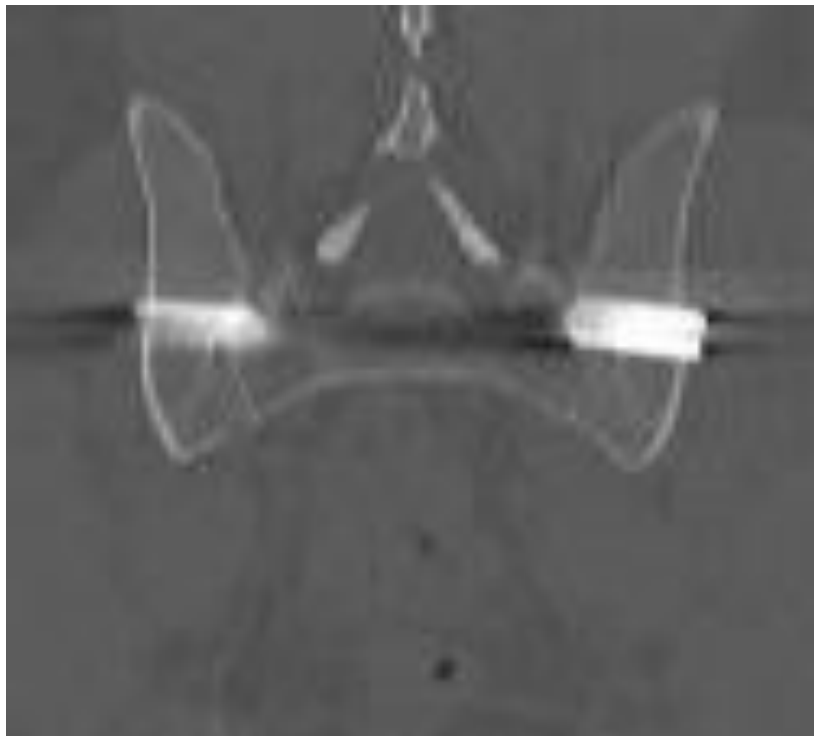


**CT post OP 2 nach operativer Versorgung beider Gelenkseiten**

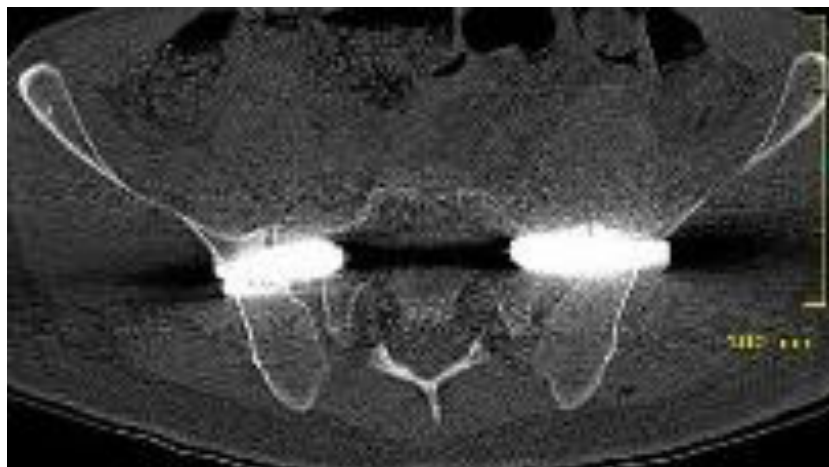
**Abbildung 21** CT-Aufnahme 6 Monate post OP des Beckens im frontalen Schnittbild. Die Implantatlage der drei iFUSE Implantate des rechten und linken ISG ist regelgerecht. Dis ISG beidseits werden durch die Implantate überbrückt, Beispiel E1



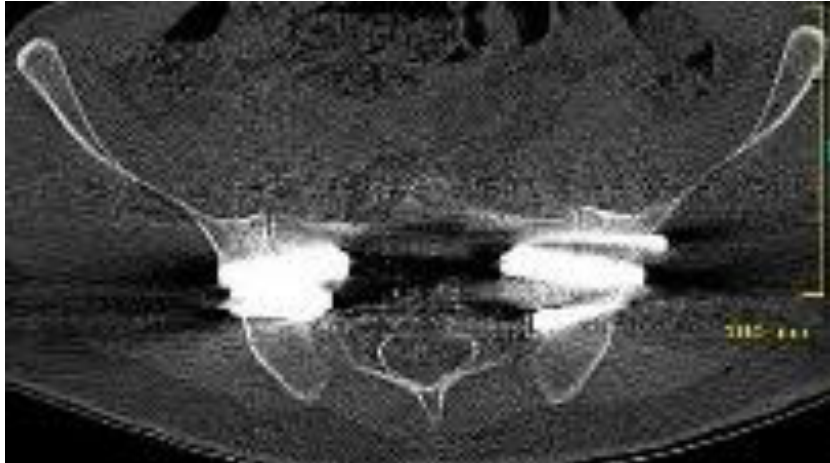
**Abbildung 22** Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild sechs Monate post Op, Beispiel E2



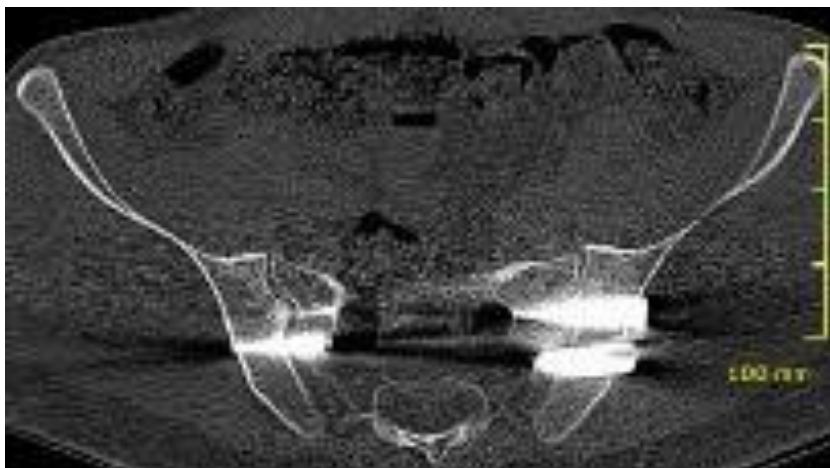
**Abbildung 23** Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild sechs Monate post Op, Beispiel E3



**Abbildung 24** CT-Aufnahme sechs Monate post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina beidseits des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel E4



**Abbildung 25** Weitere CT-Aufnahme sechs Monate post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantanlage ist regelgerecht, die Neuroforamina beidseits des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel E5



**Abbildung 26** Weitere CT-Aufnahme sechs Monate post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantanlage ist regelgerecht, die Neuroforamina beidseits des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel E6

## 4. Diskussion

Über lange Zeit wurden die Iliosakralgelenke als Ursache für Rücken- und / oder Gesäßschmerzen häufig von vielen Ärzten ignoriert, zumal wirksame und sichere chirurgische Behandlungen kaum bekannt waren. Erst nach der Entwicklung besserer Diagnosemethoden und minimalinvasiver Operationsverfahren zeigten sich die Möglichkeiten, auch bei Patienten mit schwersten Beschwerden im Iliosakralgelenk gute Behandlungsergebnisse zu erzielen.

Es sind mehrere chirurgische und nicht-chirurgische Behandlungen für Erkrankungen des Iliosakralgelenks verfügbar. Wenn das nicht-chirurgische Management die Symptome nicht ausreichend lindert, stellt die chirurgische Stabilisierung eine realistische Alternative dar (Smith et al. 2013). In der Literatur werden mehrere invasive Arthrodesen-Techniken beschrieben, die zu unterschiedlich effektiven Verbesserungen von Schmerz und Funktion führen, bei denen aber auch Risiken höherer Raten an Komplikationen und Fusionsversagen bestehen. Minimalinvasive Techniken, die eine interne Fixierung verwenden, wie Käfige, Platten und Schrauben, beruhen häufig auf der Entnahme von Knochentransplantaten, was sich negativ auf die Ergebnisse auswirken kann (Buchowski et al. 2005, Wise, Dall 2008, Giannikas et al. 2004, Khurane et al. 2009).

Seit 2009 befinden sich u. a. trianguläre Titan-Implantate im Handel, und der Erfolg ihrer Anwendung wird durch eine immer stärker zunehmende Anzahl positiver Studienresultate gestützt (Polly et al. 2015, Duhon et al. 2016, Stureson et al. 2017, Zaidi et al. 2015, Dengler et al. Sep 2017, Polly et al. 2016, Lingutla et al. 2016, McAfee et al. 2010).

Kontrollierte Vergleichsuntersuchungen belegen die Überlegenheit des chirurgischen Eingriffs bei Patienten mit eindeutig gestellter Diagnose einer Iliosakralgelenk-Pathologie. In einer Studie an 423 Patienten (Dengler et al. Nov 2017), die entweder einer nichtchirurgischen Behandlung (NSM, n = 97) oder einer Iliosakralgelenksfusion (n = 326) zugeordnet waren, ergab sich in der operierten Gruppe eine 38 % stärkere Reduktion der Iliosakralgelenk-Schmerzen in der operierten Gruppe als in der NSM-Gruppe. Ähnliches gilt für die Verbesserung des Oswestry Disability Index bei den operierten Patienten, er ist um 18,3 Punkte höher.

Bei den konservativ behandelten Patienten konnten keine Hinweise auf eine Verbesserung des Oswestry Scores gefunden werden. Eine neueste systematische Überprüfung der vorhandenen Literatur zur Bestimmung der Sicherheit einer minimalinvasiven Iliosakralgelenk-Fusion erfolgte anhand der Resultate von vierzehn Studien mit 720 Patienten (499 Frauen / 221 Männer) und einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 22 Monaten. Bei 99 Patienten (13,75 %) wurde eine bilaterale Arthrodesse des Iliosakralgelenks durchgeführt. Es wurden 91 verfahrensbedingte Komplikationen gemeldet (11,11 %), wobei das häufigste unerwünschte Ereignis eine chirurgische Wundinfektion / -drainage war ( $n = 17$ ). 25 unerwünschte Ereignisse wurden als sekundär zur Platzierung des Implantats (3,05 %) angesehen. Dabei zeigte sich am häufigsten ein Nervenwurzelimpingement ( $n = 13$ ). Die Revisionsrate betrug 2,56 %. Die Fusion der Iliosakral-gelenke verringerte die durchschnittlichen VAS-Werte von 82,42 auf 29,03 und die ODI-Werte von 57,44 auf 29,42 (Shamrock et al. 2019).

Vergleichbare Resultate wurden auch in einer retrospektiven Vergleichsprüfung mit den Resultaten von 110 Patienten mit fünf Jahren Nachbeobachtungszeit erzielt. Interessant war hierbei, dass die Autoren auch im Vergleich zur Nervenablation mit der Fusion bessere Resultate feststellen konnten (Vanaclocha et al. 2018).

Die vorliegende monozentrische Fallsammlung – erstellt unter den Gegebenheiten der klinischen Praxis – kann weitere Evidenz zur bisherigen Dokumentation der iFuse-Anwendung beitragen, indem sie Langzeitergebnisse (4 Jahre) präsentiert, die anhand der Daten der von einem fachärztlichen Team ausgewählten Patienten mit sehr starken Beschwerden und Funktionseinschränkungen vor der Operation erfasst wurden. Es wurden dauerhafte, langfristige Verbesserungen bei Schmerzen ( $> 60\%$ ), Behinderungen ( $> 55\%$ ) und Lebensqualität ( $> 70\%$ ) beobachtet. Dabei konnte eine gesicherte Korrelation zwischen den Verbesserungen bei den Funktionsfähigkeiten (Oswestry Index) und bei den EQ5D-Werten zum Gesundheitszustand errechnet werden. Bezeichnend sind die hohen Effektstärken (Rosenthal  $r = 0,62$ ) für alle Variablen, deren Berechnungen eine klinisch relevantere Aussage zur Wirksamkeit gestatten als die alleinigen Angaben zur Wahrscheinlichkeit einer gesicherten Veränderung der Ausgangsdaten.

Die Auswertungen der Verläufe einzelner Komponenten beim Oswestry Index geben dazu Anlass, bei den postoperativen Behandlungsmaßnahmen besonders auf Angaben der Patienten hinsichtlich ihrer Beschwerden zu achten; so können nämlich die beobachteten andauernden Schlafstörungen dazu beitragen, den Erfolg des gesamten Heilungsprozesses ggf. zu verzögern. Das Ausmaß der Verbesserungen bei der Schmerzintensität, den Funktionseinschränkungen und der Lebensqualität unterschied sich nicht von dem, was bei Multicenter-Studien erzielt werden konnte (Darr et al. 2018). Der besondere Wert der in dieser Fallsammlung erfassten Daten besteht in der konsequenten Nachkontrolle der Patienten. Bei einer Nachbeobachtungszeit über vier Jahre mussten nur zwei Drop-out-Fälle registriert werden, bei denen jedoch keine Hinweise auf mangelnde Wirkung oder unerwünschte Ereignisse vorlagen.

Als wichtiges Ergebnis dieses Projekts muss auch gewertet werden, dass der Verbrauch an Opioiden mit der Zeit abnahm. Da vor der Operation die Schmerzintensität der Patienten unter Opioiden nur gering höher lag als bei den Patienten ohne diese Medikation, kann rückgeschlossen werden, dass die Opioid-Behandlung bei vielen Patienten nicht mehr ausreichte und ein operativer Eingriff als notwendig angesehen werden musste. Am Ende der Nachbeobachtungszeit wurde von den Patienten im Median die gleiche – bedeutend geringere – Schmerzintensität angegeben, unabhängig davon, ob sie Opioide einnahmen oder nicht. Diese Angaben sollten gezielt überprüft werden, so dass die post-operative Anwendung von Medikamenten ggf. verringert werden kann. Anhand der Resultate radiologischer Nachuntersuchungen dieser Fallsammlung können langfristige Wirkung und Sicherheit dieses Verfahrens und des verwendeten Materials als ausgezeichnet beurteilt werden, da keine Patienten einer Revision unterzogen werden mussten, was allerdings in anderen Prüfungen berichtet wurde (Whang et al. 2019, Muir, Fielding 2017). Diese Ergebnisse widersprechen dem Vorurteil, dass Schmerzen durch eine Kombination von Diagnosemodalitäten und einem endgültigen anatomisch basierten chirurgischen Eingriff nicht zuverlässig diagnostiziert und langfristig erfolgreich behandelt werden können.

Die Ergebnisse in dieser Fallsammlung und in vielen anderen Studien zeigen, dass die Iliosakralgelenk-Operationen gesichert besser sind als nicht-chirurgische Behandlungen

einer Iliosakralgelenk-Dysfunktion, von denen keine nachweislich langfristigen Vorteile bietet (Cher et al. 2016, Capobianco, Cher 2015, Heiney et al. 2015, Ledonio et al. 2014). Das Ausbleiben der Notwendigkeit von Revisionen legt auch nahe, dass im Allgemeinen eine klinisch relevante Progression der Fusion stattgefunden hat. Die Patienten haben aber auch dann von der Operation profitiert, wenn sich dieser Überbrückungsprozess (Bridging) nur verzögert eingestellt hatte, was sich im Vergleich von klinischen Angaben der vier Patienten ohne vollständiges Bridging mit den Patienten, bei denen diese Überbrückung einwandfrei nachgewiesen wurde, ergab. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass eine Fusion über die Iliosakralgelenke auch ohne Fusionsoperation erfolgen kann (Dar G., Hershkowitz 2006). In diesem Fall findet sich die Überbrückung typischerweise an bestimmten Stellen außerhalb des Gelenks (Dar et al. 2008). Dies deutet darauf hin, dass die intraartikuläre Überbrückung kein gängiger natürlicher Mechanismus zur Stabilisierung ist. Vermutlich kann die Immobilisierung des Iliosakralgelenks durch Fusion die extra-artikuläre Fusion beschleunigen und etablieren, wo vorherige Mikrobewegungen dies verhinderten. Die in dieser Studie verwendeten Implantate sind so geformt, dass sie sofortige Stabilität verleihen können, indem sie einer Gelenkrotation widerstehen. Darüber hinaus bewirkt die poröse Oberfläche eine sichere Förderung der Knochenapposition, was radiologisch nachgewiesen wurde und mit den Resultaten der klinischen Befunderhebungen über vier Jahre gut übereinstimmt. Die Daten entsprechen auch den Resultaten anderer Prüfungen (Vanaclocha et al. 2019, Kube, Muir 2016).

Die Resultate dieser Fallsammlung dürfen aber nicht ohne gewisse Einschränkungen betrachtet werden. In erster Linie handelt es sich nicht um eine randomisierte prospektive Studie, sondern um eine prospektiv geplante Fallsammlung, deren Ergebnisse deskriptiv berichtet werden. Die Fallzahl richtete sich nach den klinischen Gegebenheiten im vorgesehenen Zeitraum von drei Jahren. Allerdings wäre eine Vergleichsstudie mit Randomisierung von Patienten äußerst schwierig gewesen, da die Auswahl der Patienten sehr strikten Voraussetzungen unterlag, nach denen ausschließlich ein operativer Eingriff infrage kam und den Patienten praktisch keine Alternative mehr angeboten werden konnte. Viele Patienten wären erfahrungsgemäß unter diesen Voraussetzungen nicht

bereit gewesen, sich einem weiteren ggf. invasiveren chirurgischen Eingriff zuzuordnen, wenn ein neueres minimalinvasives Verfahren zur Verfügung steht, nur um an einer solchen klinischen Studie teilzunehmen. Seit längerer Zeit werden mindestens 85% aller durchgeführten Iliosakralgelenksfusionen minimalinvasiv vorgenommen (Ackermann et al. 2013). Insofern wäre eine offene Operationstechnik z. B. wegen der längeren Operationszeiten, der höheren Blutverluste und der höheren Risiken für Infektionen bei diesen Methoden auch ethisch nicht gerechtfertigt gewesen. Darüber hinaus wäre eine Vergleichsstudie mit Randomisation auch gescheitert, weil grundsätzlich nur noch wenige Patienten dafür infrage kommen. Die Ergebnisse experimenteller Untersuchungen zeigen, dass die Fusion des Iliosakralgelenks unter Verwendung von dreieckigen Implantaten den Bewegungsbereich des Gelenks in Beugung, Streckung und axialer Rotation erheblich ( $> 50\%$ ) vermindert (Lindsey et al. 2015). Beim angrenzenden Lendenwirbelsegment wurden minimal ( $< 5\%$ ) vergrößerte Bewegungsbereiche festgestellt. Es kann als ein vorteilhaftes Resultat der langfristigen Follow-up-Periode angesehen werden, dass die Angaben der Teilnehmer an dieser Fallstudie auch vier Jahre nach den Operationen nicht darauf hindeuteten, dass die benachbarten Segmente in der Lendenwirbelsäule als Komplikation der Gelenkfusion beeinträchtigt worden waren. Das schließt allerdings nicht aus, dass diese Problematik weiterhin klinisch getestet werden sollte.

Es wurde mehrfach beobachtet, dass nach lumbaler Fusion oder nach Hüftoperationen Schmerzen im Iliosakralgelenk auftreten, die als Schädigung an diesem Gelenk gedeutet werden müssten (Pap et al. 1987, Maigne, Planchon 2005, Depalma et al. 2011, Liliang et al. 2011, Unoki et al. 2017, Diesing et al. 2019). Sowohl die Fusion mit dem Kreuzbein als auch die Fusion von mehreren Segmenten werden nach der Lumbalfusion als Risikofaktoren für ein Iliosakral-Syndrom angesehen. Die Vergleiche dieser Fallsammlung deuten nicht darauf hin, dass vorhergehende Operationen gesichert zu Komplikationen im Iliosakralgelenk-Bereich führen müssen. Weitere gezielte Untersuchungen sind notwendig, um diese Fragestellung weiter zu überprüfen.

Die strikte Auswahl der für einen operativen Eingriff bestimmten Patienten bedingte im vorgesehenen Zeitraum eine begrenzte Stichprobengröße, dennoch erscheinen die Ergebnisse einer minimalinvasiven Operation des Iliosakralgelenks im Hinblick auf die



lange Nachbeobachtungszeit sehr zufriedenstellend, zumal sich die klinische Symptomatik postoperativ schnell besserte und die Besserung während dieser langen Zeitspanne anhielt bzw. noch zunahm. Die günstigen Ergebnisse bei diesen Patienten unterstreichen die Notwendigkeit, das Iliosakralgelenk als Schmerzerreger bei Patienten mit Schmerzen im unteren Rückenbereich zu vermuten. Darüber hinaus kann die minimalinvasive Technik der älteren Bevölkerung, die aufgrund schlechter Knochenqualität, verzögerter Heilung und eingeschränkter Mobilität keine Kandidaten für andere, konventionelle Techniken stellt, erhebliche Vorteile bringen. Es ist problematisch, für diese Patienten lediglich eine physikalische Therapie zu verordnen, weil der degenerative Charakter der IG-Gelenkerkrankung dadurch kaum beeinflusst werden kann. Das hier beschriebene minimalinvasive Verfahren kann dem älteren Teil der Bevölkerung die Möglichkeit geben, die Mobilität wiederzugewinnen, durch Probleme mit dem Iliosakralgelenk verursachte Schmerzen zu lindern und ihre Lebensqualität zu verbessern.

## **Fazit**

Wenn konservative Maßnahmen fehlschlagen, ist bei sorgfältig ausgewählten Patienten die minimalinvasive Iliosakralgelenksfusion mit dreieckigen porösen plasmabeschichteten Titanimplantaten eine sichere und wirksame Behandlungsoption. Zu den Vorteilen der minimalinvasiven Operation mit dem iFuse-Implantatsystem zählen ein kleiner Einschnitt, eine relativ kurze Operationszeit, ein minimaler Blutverlust, eine relativ kurze Immobilisierungsdauer und vor allem die Erhaltung von Knochen und Bändern. Die dreieckige Form des in dieser Fallsammlung verwendeten Titanimplantats wurde entwickelt, um die Rotation und Mikrobewegung zu minimieren und Probleme mit herkömmlichen Schrauben zu vermeiden. Von den 46 Patienten, die vor der Operation an Schmerzen und Funktionseinschränkungen gelitten hatten, gaben alle – auch nach vier Jahren noch – eine Verbesserung der Symptomatik an.

## 5. Zusammenfassung

Das Iliosakralgelenk-Syndrom ist eine signifikante Schmerzquelle bei 15 % bis 30 % der Betroffenen mit Rückenschmerzen. Bei Patienten mit Schmerzen im Beckengürtel kommt es zu einer unzureichenden und / oder asymmetrischen Kompression der Iliosakralgelenke, die zwischen dem hinteren Beckenkamm und der Gesäßfalte zu spüren ist. Eine degenerative Schädigung des Gelenks kann traumatisch bedingt und entweder auf strukturelle oder auf neuromuskuläre Defizite zurückzuführen sein. Eine endgültige Diagnosestellung ist von dem Umfang der entsprechenden Modalitäten abhängig.

Bei chronischen Gelenkschmerzen (> 6 Monate), die nicht auf eine konservative Behandlung ansprechen, kommen nach eingehender Untersuchung chirurgische Eingriffe (Fusionen) infrage.

Ziel der vorliegenden Datenerfassung ist es, Wirksamkeit und Verträglichkeit der operativen Behandlung über einen Zeitraum von vier Jahren darzustellen.

In der vorliegenden Untersuchungsreihe wurden dreieckige iFuse-Implantate (SI-BONE Inc.) verwendet. Voraussetzung für die endgültige Entscheidung zum operativen Eingriff war ein mindestens 75 %-iger Rückgang der Schmerzen nach zweimaliger Injektion eines Lokalanästhetikums in ein Iliosakralgelenk.

Die Eingriffe wurden unter Vollnarkose und unter Verwendung von Fluoroskopie oder 3D-Computernavigation auf der Grundlage einer intraoperativen CT-Bildgebung vorgenommen. Insgesamt wurden zwei bis drei Implantate über dem Iliosakralgelenk manuell eingeführt. Patienten, die eine Behandlung beider Iliosakralgelenke benötigten, wurden am selben Tag bilateral operiert. Nach etwa zehn Tagen postoperativ wurde den Patienten Physiotherapie verordnet.

Es wurden im Verlauf von drei Jahren nacheinander 46 Patienten (w = 42, 88 %, m = 6; 12 %) aufgenommen (2 Drop-outs nach dem ersten Jahr).

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug  $53 \pm 12$  Jahre. Die Auswertung ergab einen gesicherten Rückgang der Schmerzintensität (po: 51 %, nach 48 Monaten: 65 %), der Funktionsfähigkeiten (ODI: po: 49 %, nach 48 Monaten: 56 %) und einen signifikanten Anstieg der Gesundheitsbewertung (EQ5D-5L: po: 6 %, nach 48 Monaten: 71 %).

Bei der abschließenden Befunderhebung nach vier Jahren mit bildgebenden Verfahren wurde bei vier Patienten ein unzureichendes Knochen-Bridging registriert, ohne dass dadurch eine Beeinflussung der Verbesserung klinischer Symptome festgestellt werden konnte. In keinem Fall erwies sich eine Revision als notwendig.

Bei unzureichenden Behandlungserfolgen mit konservativen Maßnahmen, ist die minimalinvasive Iliosakralgelenksfusion mit dreieckigen porösen plasmabeschichteten Titanimplantaten eine sichere und wirksame Behandlungsoption für Patienten mit einwandfrei diagnostizierten Iliosakral-Schäden. Zu den Vorteilen der minimalinvasiven Operation mit dem iFuse-Implantatsystem zählen ein kleiner Hautschnitt, eine relativ kurze Operationszeit, ein minimaler Blutverlust, eine relativ kurze Immobilisierungsdauer und die Erhaltung von Knochen und Bändern.

## 5. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Schmerzskala: Einzelverläufe mit Median.....	34
<b>Abbildung 2</b> Verlauf einzelner Variablen .....	36
<b>Abbildung 3</b> VAS-Werte und Opioid-Einnahme präoperativ und im Verlauf über 12 Monate	37
<b>Abbildung 4</b> präoperative Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens. Das rechte und linke ISG zeigen eine deutliche Arthrose .....	39
<b>Abbildung 5</b> Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird überbrückt, Beispiel A1 .....	40
<b>Abbildung 6</b> Röntgenaufnahme Beckeninlet des Beckens nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes mit drei iFUSE Implantaten, Beispiel A2.....	41
<b>Abbildung 7</b> Röntgenaufnahme Beckenoutlet des Beckens nach operativer Versorgung des rechten ISG Gelenkes mit drei iFUSE Implantaten, Beispiel A3.....	41
<b>Abbildung 8</b> CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild. Die Implantatlage der drei iFUSE Implantate ist regelgerecht. Das ISG wird durch die drei Implantate überbrückt, Beispiel B1 .....	42
<b>Abbildung 9</b> Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild, Beispiel B2 .....	42
<b>Abbildung 10</b> CT-Aufnahme post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel B3 .....	43
<b>Abbildung 11</b> Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel B4 .....	43
<b>Abbildung 12</b> Röntgenaufnahme seitliche Projektion sechs Monate post Op. Die Implantatlage der drei iFUSE Implantate ist regelgerecht. Beispiel C1 .....	44
<b>Abbildung 13</b> Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens sechs Monate post Op. Die Implantatlage ist Vergleich zu den postoperativen Röntgenaufnahmen unverändert. Lockerung der Implantate ist nicht zu erkennen. Beispiel C2 .....	44

<b>Abbildung 14</b> Röntgenaufnahme Beckeninlet des Beckens sechs Monate post Op, die Implantatlage ist regelgercht Die Implantalage ist Vergleich zu den postoperativen Röntgenaufnahmen unverändert. Beispiel C3 .....	45
<b>Abbildung 15</b> Röntgenaufnahme Beckenoutlet des Beckens sechs Monate post Op, die Implantatlage ist regelgercht Die Implantalage ist Vergleich zu den postoperativen Röntgenaufnahmen unverändert, Beispiel C4 .....	45
<b>Abbildung 16</b> Röntgenaufnahme seitliche Projektion sechs Monate post Op. Die Implantatlage der sechs iFUSE Implantate ist regelgerecht, Beispiel D1.....	46
<b>Abbildung 17</b> Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs. Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D2 .....	46
<b>Abbildung 18</b> Röntgenaufnahme Beckeninlet des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs Monate post Op. Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D3 .....	47
<b>Abbildung 19</b> Röntgenaufnahme Beckenoutlet des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs Monate post Op. Es Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D4 .....	47
<b>Abbildung 20</b> Röntgenaufnahme Beckenübersicht des Beckens nach operativer Versorgung des linken ISG Gelenkes. Die Lage der drei iFUSE Implantate links und rechts ist regelgerecht. Das ISG Gelenk wird beidseits überbrückt sechs Monate post Op. Die Implantatlage ist im Vergleich zu den Voraufnahmen unverändert, Beispiel D5 .....	48
<b>Abbildung 21</b> CT-Aufnahme 6 Monate post OP des Beckens im frontalen Schnittbild. Die Implantatlage der drei iFUSE Implantate des rechten und linken ISG ist regelgerecht. Dis ISG beidseits werden durch die Implantate überbrückt, Beispiel E1.....	49
<b>Abbildung 22</b> Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild sechs Monate post Op, Beispiel E2.....	49
<b>Abbildung 23</b> Weitere CT-Aufnahme post OP des Beckens im frontalen Schnittbild sechs Monate post Op, Beispiel E3.....	50

<b>Abbildung 24</b> CT-Aufnahme sechs Monate post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina beidseits des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel E4.....	50
<b>Abbildung 25</b> Weitere CT-Aufnahme sechs Monate post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina beidseits des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel E5 .....	51
<b>Abbildung 26</b> Weitere CT-Aufnahme sechs Monate post OP des Beckens im axialen Schnittbild, die Implantatlage ist regelgerecht, die Neuroforamina beidseits des Sakrums sind abgrenzbar vom Implantat, Beispiel E6 .....	51

## 6. Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Klinische Befunde vor und nach den operativen Eingriffen über vier Jahre	34
Tab. 2	Differenzen der Variablen Schmerz, Funktionsfähigkeit und Lebensqualität	35
Tab. 3	Gegenüberstellung der Messdaten vor den Operationen und nach 48 Monaten in Abhängigkeit von Voroperationen an der Hüfte bzw. an der Wirbelsäule	38

## 7. Literaturverzeichnis

Adams MA, Dolan P. How to use the spine, pelvis, and legs effectively in lifting. In: Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R, editors. Movement, Stability and Lumbopelvic Pain: Integration and Research.

Edinburgh: Churchill Livingstone Elsevier; 2007. pp. 167–183

Abdel SC, Maher CG, Williams KA, McLachlan AJ. Interventions available over the counter and advice for acute low back pain: systematic review and meta-analysis.

J Pain 2014; 15: 2–15

Ackermann H. Biometrische Analyse von Stichproben Version 3.

Hochheim-Darmstadt: Epsilon-Verlag; 144

Ackerman SJ, Polly DW, Eunyong K, Knight T. What is the Frequency of Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion Annually in the United States? Proceedings of the 8Th Interdisciplinary World Congress on Low Back and Pelvic Pain.

Dubai, U.A.E: Dubai; 2013

Al-Subahi M, Alayat M, Alshehri MA. The effectiveness of physiotherapy interventions for sacroiliac joint dysfunction: a systematic review.

Phys Ther Sci. Sep; 29:1689–1694

Aiello L, Dean C. An Introduction to Human Evolutionary Anatomy. London: Academic Press; 1990. Bipedal locomotion and the postcranial skeleton; 244–

274

Arab AM, Nourbakhsh MR, Mohammadifar. The relationship between hamstring length and gluteal muscle strength in individuals with sacroiliac joint dysfunction.

Man Manip Ther 2011 Feb; 19: 5–10

Arumugam A, Milosavljevic S, Woodley S, Sole G. Effects of external pelvic compression on form closure, force closure, and neuromotor control of the lumbopelvic spine. *Manual Therapy* 2012; 17: 275–284

Ashman B, Norvell DC, Hermsmeyer JT. Chronic sacroiliac joint pain: fusion *versus* denervation as treatment options  
*Evid. Based Spine Care J.* 2010;1: 35–44

Atkinson JH, Slater MA, Capparelli EV. A randomized controlled trial of gabapentin for chronic low back pain with and without a radiating component *Pain* 2016 Jul; 157: 1499–1507

Bacchi S, Palumbo P, Sponta A, Coppolino M. Clinical pharmacology of non-steroidal anti-inflammatory drugs: a review.  
*Antiinfl Antiallerg Agents Med Chem.* 2012; 11: 52–64

Bayerl SH, Finger T, Heiden P, Esfahani-Bayerl N, et al. Radiofrequency denervation for treatment of sacroiliac joint pain- comparison of two different ablation techniques. *Neurosurg Rev.* 2018 Jul; 31. doi: 10.1007/s10143-018-1016-3

Beales DJ, O'Sullivan PB, Briffa NK. Motor control patterns during an active straight leg raise in chronic pelvic girdle pain subjects.  
*Spine (Phila Pa 1976)* 2009; 34:861–870

Beales DJ, O'Sullivan PB, Briffa NK. The effects of manual pelvic compression on trunk motor control during an active straight leg raise in chronic pelvic girdle pain subjects.  
*Man Ther* 2010; 15:190–199

Becker A, Hildebrandt J, Müller G. Europäische Leitlinie für den Umgang mit unspezifischen Kreuzschmerzen



Benjamin M, McGonagle D. The anatomical basis for disease localisation in seronegative spondyloarthropathy at entheses and related sites.

J Anat 2001; 199: 503–552

Berthelot JM, Labat JJ, Le Goff B, Gouin F, Maugars Y. Provocative sacroiliac joint maneuvers and sacroiliac joint block are unreliable for diagnosing sacroiliac joint pain.

Deutsche Zusammenfassung. 2006

Joint Bone Spine 2006; 73: 17–23

Bogduk N, MC Guirk B. Causes and sources of chronic low back pain. In: Medical Management of Acute and Chronic Low Back Pain. An Evidence-based Approach.

Pain Research and Clinical Management 2002; 13: 115–126

Bornemann R, Pflugmacher R, Koch MW, Roessler PP, et al. Diagnosis of Patients with Painful Sacroiliac Joint Syndrome. (Article in German)

Z Orthop Unfall 2017 Jun; 155: 281–287

Bortz J, Lienert GA, Boehnke K. Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. 3. Auflage.

Berlin: Springer Verlag, 2010: 729

Boswell MV, Shah RV, Everett CR, et al. Interventional techniques in the management of chronic spinal pain: Evidence-based practice guidelines. Pain Physician 2005; 8: 1–47

Bowen V, Cassidy JD. Macroscopic and microscopic anatomy of the sacroiliac joint from embryonic life until the eighth decade.

Spine 1981; 6: 620–628

Broadhurst NA, Bond MJ. Pain provocation test used for assessment of sacroiliac joint dysfunction

Spinal Disorder 1998; 11: 341–345

Buchowski JM, Kebaish KM, Sinkov et al. Functional and radiographic outcome of sacroiliac arthrodesis for the disorders of the sacroiliac joint.

Spine J. 2005;5: 520–528

Bunzli S, Gillham D, Esterman A. Physiotherapy-provided operant conditioning in the management of low back pain disability: A systematic review.

Physiother Res Int 2011;16: 4–19

Bundesärztekammer, KBV, AWMF Leitlinien Kreuzschmerz 2019,  
[www.leitlinien.de/nvl/html/kreuzschmerz](http://www.leitlinien.de/nvl/html/kreuzschmerz)

Capobianco C, Cher D. Safety and Effectiveness of Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion in Women with persistent Post-partum Posterior Girdle pain.

Springer Plus 2015 Oct 5; 4: 570

Carragee EJ, Alamin TF, Carragee JM. Low-pressure positive Discography in subjects asymptomatic of significant low back pain illness.

Spine 2006; 31: 505–509

Casser HR, Seddigh S, Rauschmann M. Acute lumbar back pain—investigation, differential diagnosis, and treatment

Dtsch Arztebl Int 2016; 113: 223–234

Chakraverty R, Dias R. Audit of conservative management of chronic low back pain in a secondary care setting-part I: facet joint and sacroiliac joint intervention.

Acupunct Med 2004; 22: 207–213

Cher DJ, Frasco MA, Arnold RJ, Polly DW. Cost-effectiveness of minimally invasive sacroiliac joint fusion.

Clin Outcomes Res CEOR 2016; 8: 1–14

Cher DJ, Polly DW. Improvement in Health State Utility after Sacroiliac Joint Fusion Global Spine J 2016; 6: 100–107

Chou R, Huffman LH. Medications for acute and chronic low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society/American College of Physicians clinical practice guideline.

Ann Intern Med 2007;147: 505–514

Chung JW, Zeng Y, Wong TK. Drug therapy for the treatment of chronic nonspecific low back pain: systematic review and meta-analysis

Pain Physician 2013;16: E685–E704

Cohen SP. Sacroiliac Joint Pain: A comprehensive Review of Anatomy, Diagnosis and Treatment

Anesth Analg 2005; 101: 1440–1453

Copay AG, Cher DJ. Is the Oswestry Disability Index a valid measure of response to sacroiliac joint treatment?

Qual Life Res 2016 Feb; 25: 283–292

Cramer, GD., and Chae-Song Ro. The Sacrum, Sacroiliac Joint, and Coccyx. Clinical Anatomy of the Spine, Spinal Cord, Elsevier, 2014, pp. 312–39.

Damen L, Spoor CW, Snijders CJ, Stam HJ. Does a pelvic belt influence sacroiliac joint laxity?

Clin Biomech 2002; 17: 495–498

Darr E, Meyer SC, Whang PG, et al. Long-term prospective outcomes after minimally invasive trans-iliac sacroiliac joint fusion using triangular titanium implants.

Med Devices (Auckl) 2018; 11: 113–121

Dar G, HersHKovitz I. Sacroiliac joint bridging: simple and reliable criteria for sexing the skeleton.

J Forensic Sci 2006; 51: 480–483

Dar G, Khamis S, Peleg S, Masharawi Y, Steinberg N, Peled N, Latimer B, HersHKovitz I. Sacroiliac joint fusion and the implications for manual therapy diagnosis and treatment. Man Ther 2008; 13: 155–158

Dengler JD, Kools D, Pflugmacher R, Gasbarrini A, et al. 1-Year Results of a Randomized Controlled Trial of Conservative Management vs. Minimally Invasive Surgical Treatment for Sacroiliac Joint Pain.

Pain Physician 2017 Sep; 20: 537–550

Dengler J, Duhon B, Whang P, Frank C, et al. Predictors of Outcome in Conservative and Minimally Invasive Surgical Management of Pain Originating From Sacroiliac Joint. Spine 2017 Nov; 42: 1664–1673

Depalma MJ, Ketchum JM, Saullo TR. Etiology of chronic low back pain in patients having undergone lumbar fusion

Pain Med 2011; 12: 732–739

Derby R, Kim B-J, Lee S-H, Chen Y, Seo KS, Aprill C. Comparison of discographic findings in asymptomatic subject discs and the negative discs of chronic LBP patients: can discography distinguish asymptomatic discs among morphologically abnormal discs?

Spine J 2005; 5: 389–394

De Rosa C, Porterfield JA. Anatomical linkages and muscle slings of the lumbopelvic region. In: Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R, eds. Movement, Stability and Lumbopelvic Pain: Integration and Research. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2007: 47–62

Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain.

N Engl J Med 2001; 344: 363–370

Diesing D, Franke J, Tschoeke SK, Schultheiß R, Scheufler KM. Persistent Iliosacral Joint Syndrome following Instrumentation to the Sacropelvis in Patients with Adult Spinal Deformity

J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg 2019 Jan; 80: 15–25

Dowell D, Haegerich TM, Chou R. CDC Guideline for Prescribing Opioids for Chronic Pain—United States, 2016.

JAMA. 2016 Apr 19; 315: 1624–1645

Duhon BS, Cher DJ, Wine KD, Kovalsky DA, Lockstadt H. Triangular Titanium Implants for Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion: A Prospective Study.

Global Spine J 2016; 6: 257–269

Durmus D, Ulus Y, Alayli G, et al. Does microwave diathermy have an effect on clinical parameters in chronic low back pain? A randomized controlled trial. J Back Musculoskeletal Rehabil 2014; 27: 435–443

Ebadi S, Henschke N, Nakhostin AN. Therapeutic ultrasound for chronic low-back pain. Cochrane Database Syst Rev. 2014 Mar 14; CD009169. doi: 10.1002/14651858

Ehrenbrusthoff K, Ryan CG, Schofield PA. Physical therapy management of older adults with chronic low back pain: a systematic review.

J Pain Manag 2012; 5: 317–329

Eshed I, Lidar M. MRI Findings of the Sacroiliac Joints in Patients with Low Back Pain: Alternative Diagnosis to Inflammatory Sacroiliitis.

Isr Med Assoc J 2017 Nov; 19: 666–669

Fairbank JCT, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index.

Spine 2000; 25: 2940-2953

Fishbain DA, Cole B, Lewis JE. What is the evidence that neuropathic pain is present in chronic low back pain and soft tissue syndromes? An evidence-based structured review. Pain Med 2014; 15: 4–15

Forst SL, Wheeler M, Fortin JD, Vilensky JA. The Sacroiliac Joint: Anatomy, Physiology and Clinical Significance. Pain Physician 2006; 9: 61–68

Fortin JD, Vilensky JA, Merkel GJ. Can the sacroiliac joint cause sciatica? Pain Physician 2003; 6: 269–271

French SD, Cameron M, Walker BF. A Cochrane review of superficial heat or cold for low back pain. Spine 2006; 31: 998–1006

Fuchs V, Ruhl B. Distraction arthrodesis of the sacroiliac joint: 2-year results of a descriptive prospective multi-center cohort study in 171 patients Eur. Spine J 2018; 27: 194–204

Furlan AD, Giraldo M, Baskwill A, et al. Massage for low-back pain. Cochrane Database Syst Rev 2015 Sep; 9:CD001929

Giannikas KA, Khan AM, Karski MT, Maxwell HA. Sacroiliac joint fusion for chronic pain: a simple technique avoiding the use of metalwork Eur Spine J 2004; 13: 253–256

Greiner W, Weijnen T, Nieuwenhuizen M. A single European currency for EQ-5D health states. Results from a six-country study. Eur J Health Econ 2003 Sep; 4: 222–231

Hagen EM, Svensen E, Eriksen HR. Comorbid subjective health complaints in low back pain.

Spine 2006; 31: 1491–1495

Halbertsma JP, Goeken LN, Hof AL. Extensibility and stiffness of the hamstrings in patients with nonspecific low back pain.

Arch Phys Med Rehabil 2001; 82: 232–238

Hancock MJ, Maher CC, Latimer J. Systematic review of tests to identify the disc, SIJ or facet joint as the source of low back pain.

Eur Spine J 2007 Oct; 16: 1539–1550

Hansen HC, McKenie-Brown A, Cohen S. Sacroiliac Joint Interventions: A Systematic Review.

Pain Physician 2007; 10: 165–184

Hansen H, Manchikanti L, Simopoulos TT, ET AL: A systematic evaluation of the therapeutic effectiveness of sacroiliac joint interventions.

Pain Physician 2012; 15: E247–E278

Hansen H, Helm S. Sacroiliac pain and dysfunction.

Pain Physician 2003; Vol. 6: 179– 189, 2003

Heiney J, Capobianco R, Cher D. A systematic review of minimally invasive sacroiliac joint fusion utilizing a lateral transarticular technique.

Int J Spine Surg. 2015; 9: 40

Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO. Comorbidity with low back pain: a cross-sectional population-based survey of 12- to 22-year-olds.

Spine 2004; 29: 1483–1491

Hodges PW, Sapsford R, Pengel LH. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles.

Neurourol Urodyn. 2007; 26: 362–37 1

Hodges PW, Cholewicki J. Functional control of the spine. In: Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R, eds. Movement Stability & Lumbopelvic Pain: Integration and research. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2007: 489–512

Holm S, Indahl A, Solomonow M. Sensorimotor control of the spine.

J. Electromyogr Kinesiol. 2002; 12: 219–234

Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. Spine (Phila Pa 1976). 2003 Jul 15; 28: 1593–1600

Irwin RW, Watson T, Minick RP, Ambrosius WT. Age, Body Mass Index and gender differences in Sacroiliac Joint Pathology.

Am J Phys Med Rehabil 2007; 86: 37–44

Jamison RN, Mao J. Opioid Analgesics.

Mayo Clin. Proc. 2015 Jul; 90: 957–968

Kamper SJ, Apeldoorn AT, Chiarotto A. Multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation for chronic low back pain.

Cochrane Database Syst Rev 2014;9:CD000963. DOI:

10.1002/14651858.CD000963.pub3. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25180773>

Katz V, Schoffermann J, Reynolds J . The sacroiliac joint: a potential cause of pain after lumbar fusion to the sacrum.

J Spinal Disord Tech 2003; 16: 96–99



Khurana A, Guha AR, Mohanty K, Ahuja S. Percutaneous fusion of the sacroiliac joint with hollow modular anchorage screws: clinical and radiological outcome.

J Bone Joint Surg Br. 2009;91: 627–631

Koes BW, van Tulder MW, Thomcaas S. Diagnosis and treatment of low back pain.

BMJ 2006; 332: 1430–1434

Korff M, Ormel J, Keefe FJ, Dworkin SF. Grading the severity of chronic pain.

Pain 1992; 50: 133–149

Kriese M, Clijsen R, Taeymans J. Segmentale Stabilisation zur Behandlung von lumbalen Rückenschmerzen: Ein systematisches Review.

Sportverletz Sportschaden 2010; 24: 17– 25

Kube RA, Muir JM Sacroiliac Joint Fusion. One Year Clinical and Radiographic Results Following Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion Surgery.

Open Orthop J. 2016 Nov 30; 10: 679–689

Kuijpers T, van MM, Rubinstein SM. A systematic review on the effectiveness of pharmacological interventions for chronic non-specific low-back pain.

Eur Spine J 2011; 20: 40–50

Lampl C, Likar R. Metamizole (dipyrone): mode of action, drug-drug interactions, and risk of agranulocytosis.

Schmerz. 2014 Dec; 28: 584–590

Laslett M, Aprill CN, McDonald B, Young SB. Diagnosis of sacroiliac joint pain: validity of individual provocation tests and composites of tests.

Man Ther 2005; 10: 207-218

Levangie P. Four clinical tests of sacroiliac joint dysfunction: the association of test results with innominate torsion among patients with and without low back pain.

Phys Ther. 1999; 79: 1043-1057

Leadley RM, Armstrong N, Lee YC, Allen A, Kleijnen J. Chronic diseases in the European Union: the prevalence and health cost implications of chronic pain.

Z Pain Palliat Care Pharmacother 2012; 26: 310–325

Ledonio, CGT, Polly, DW, Swiontkowski, MF. Minimally invasive versus open sacroiliac joint fusion: are they similarly safe and effective?

Clin Orthop Relat Res. 2014; 472: 1831–1838

Liebenson C. The relationship of the sacroiliac joint, stabilization musculature, and lumbo-pelvic instability.

J of bodywork and movement therapies 2004; 8: 43–45

Liliang P C, Lu K, Liang CL, et al. Sacroiliac joint pain after lumbar and lumbosacral fusion: findings using dual sacroiliac joint blocks.

Pain Med. 2011; 12: 565–570

Lindsey DP, Kiapour, A, Goel SA. Sacroiliac Joint Fusion Minimally Affects Adjacent Lumbar Segment Motion: A Finite Element Study.

Int J Spine Surg. 2015; 9: 64

Lingutla KK, Pollock R, Ahuja S. Sacroiliac joint fusion for low back pain: a systematic review and meta-analysis.

Eur Spine J. 2016 Jun;25: 1924–1931

Lorio MP. ISASS Policy 2016 Update – Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion.

Int J Spine Surg 2016; 10–26

Lovejoy CO. Evolution of the human lumbopelvic region and its relationship to some clinical deficits of the spine and pelvis. In: Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R, eds. *Movement, Stability and Lumbopelvic Pain: Integration and Research*.

Edinburgh: Churchill Livingstone; 2007: 141–158

McAfee PC, Phillips FM, Andersson G, Buvenenadran A, Kim CW, Laurysen C. Minimally Invasive Spine Surgery.

*Spine*. 2010; 35: 271–273

MacBarb RF, Lindsey DP, Woods SA. Fortifying the Bone-Implant Interface Part 2: An In vivo Evaluation of 3D-Printed and TPS-Coated Triangular Implants.

*Int J Spine Surg*. 2017; 11, 16

Masi AT, Benjamin M, Vleeming A. Anatomical, biomechanical, and clinical perspectives on sacroiliac joints: an integrative synthesis of biodynamic mechanisms related to ankylosing spondylitis. In: Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R, eds. *Movement, Stability and Lumbopelvic Pain: Integration and Research*.

Edinburgh: Churchill Livingstone; 2007: 205–227

Masi AT, Nair K, Andonian BJ. Integrative structural biomechanical concepts of ankylosing spondylitis.

*Arthritis*. 2011: 904

McGill SM, Grenier S, Kavcic N. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine.

*J Electromyogr Kinesiol*. 2003; 13: 353–359

McKenzie-Brown AM, Shah RV, Sehgal N, Everett CR. A systematic review of sacroiliac joint interventions.

*Pain Physician* 2005; 8: 115–125

Maigne JY, Planchon CA. Sacroiliac joint pain after lumbar fusion: A study with anesthetic blocks.

Eur Spine J. 2005; 14: 654–658

Meijne W, Van Neerbos K, Aufdemkampe G, Van der Wurff P. Intraexaminer and interexaminer reliability of the Gillet test.

J Man Phys Ther 1999; 22: 4–9

Mens JM, Vleeming A, Snijders CJ. The active straight leg raising test and mobility of the pelvic joints.

Eur Spine J. 1999; 8: 468–473

Mens JM, Vleeming A, Snijders CJ. Validity of the active straight leg raise test for measuring disease severity in patients with posterior pelvic pain after pregnancy.

Spine (Phila Pa 1976) 2002; 27: 196–200

Mens JM, Damen L, Snijders CJ. The mechanical effect of a pelvic belt in patients with pregnancy-related pelvic pain.

Clin Biomech 2006; 21: 122–127

Mitchell T.D., Urli K.A. The predictive value of the sacral base pressure test in detecting specific types of sacroiliac dysfunction.

Journal of Chiropractic Medicine 2007; 6: 45–55

Monticone M., Barbarino A., Testi C. Symptomatic efficacy of stabilizing treatment versus laser therapy for sub-acute low back pain with positive tests for sacroiliac dysfunction: a randomized clinical trial with one year follow-up. *Europa Medicophysica* 2004; 40: 4: 263–268

Moscote-Salazar L, Alvis-Miranda HR, Joaquim AJ, et al. Sacroiliac Pain: A Clinical Approach for the Neurosurgeon

J Neurosci Rural Pract. 2017 Oct-Dec; 8(4): 622–627.

Muir BM, Fielding LC. Revision of Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fixation: Technical Considerations and Case Studies Using Decortication and Threaded Implant Fixation. Int J Spine Surg 2017 Feb 27;11(1):8.

Murakami E, Aizawa T, Kurosawa D, Noguchi K. Leg symptoms associated with sacroiliac joint disorder and related pain. Clin Neurol Neurosurg 2017 Jun; 157: 55–58

Murata Y, Takahashi K, Yamagata M. Origin and pathway of sensory nerve fibers to the ventral and dorsal sides of the sacroiliac joint in rats  
J Orthop Res 2001; 19: 379–383

Nestor K et al.

Physiopedia Sacroiliac joint 2019

O'Connor SR, Tully MA, Ryan B. Walking Exercise for Chronic Musculoskeletal Pain: Systematic Review and Meta-Analysis  
Arch Phys Med Rehabil 2015; 96: 724–734

Oesch P, Kool J, Hagen KB. Effectiveness of exercise on work disability in patients with non-acute non-specific low back pain: Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials  
J Rehabil Med 2010; 42: 193–205

Pap A, Maager M, Kolarz G. Functional impairment of the sacroiliac joint after total hip replacement.  
Int Rehabil Med 1987; 8: 145–147

Pel JJM, Spoor CW, Pool-Goudzwaard AL. Biomechanical Analysis of Reducing Sacroiliac Joint Shear Load by Optimization of Pelvic Muscle and Ligament Forces. Ann Biomed Eng 2008; 36:3: 415–424

Pittler MH, Brown EM, Ernst E. Static magnets for reducing pain: systematic review and meta-analysis of randomized trials.

CMAJ 2007; 177: 736–742

Polly DW, Cher DJ, Wine KD. Randomized Controlled Trial of Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion Using Triangular Titanium Joint Fusion vs. Nonsurgical Management for Sacroiliac Joint Dysfunction

Neurosurgery 2015 Nov; 77: 674–690

Polly DW, Swofford J, Whang PG, Frank CJ, et al. Two-Year Outcomes from a Randomized Controlled Trial of Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion vs. Non-Surgical Management for Sacroiliac Joint Dysfunction.

Int J Spine Surg. 2016 Aug 23;10:28.

Pool-Goudzwaard A.L, Vleeming A, Stoeckart R. Insufficient lumbopelvic stability: a clinical, anatomical and biomechanical approach to 'a-specific' low back pain.

Manual Therapy 1998; 3: 12–20

Rashbaum RF, Ohnmeiss DD, Lindley EM. Sacroiliac Joint Pain and Its Treatment. Clin Spine Surg 2016 Mar; 29: 42–48

Raspe R. Rückenschmerzen.

Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2012; 53

Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain.

Spine (Phila Pa 1976) 2002; 27: 399–405

Robert Koch Institut (RKI). Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin: RKI; 2015. [http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/gesundheit\\_in\\_deutschland\\_2015.pdf](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/gesundheit_in_deutschland_2015.pdf)

Roskell NS, Beard SM, Zhao Y, Le TK. A meta-analysis of pain response in the treatment of fibromyalgia. *Pain Practice* 2011; 11: 516–527

Rudolf L. Sacroiliac Joint Arthrodesis-MIS Technique with Titanium Implants: Report of the First 50 Patients and Outcomes.

*Open Orthop J* 2012; 6: 495–502

Rudolf L, Capobianco R. Five-year clinical and radiographic outcomes after minimally invasive sacroiliac joint fusion using triangular implants.

*Open Orthop J* 2014; 8: 375–383

Rupert M.P., Lee M., Manchikanti L., Datta S., Cohen S.P. Evaluation of sacroiliac joint interventions: a systematic appraisal of the literature.

*Pain Physician* 2009; 12: 399–418

Sachs D, Capobianco R. One year successful outcomes for novel sacroiliac joint arthrodesis system.

*Ann Surg Innov Res* 2012; 6: 13

Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen: Band III – 3. Bedarf, bedarfsgerechte Versorgung, Über-, Unter- und Fehlversorgung. [www.svr-Gesundheit.de/index.php?id=160](http://www.svr-Gesundheit.de/index.php?id=160) (last accessed on 5 February 2016)

Scharrer M, Ebenbichler G, Pieber K. A systematic review on the effectiveness of medical training therapy for subacute and chronic low back pain.

*Eur J Phys Rehabil Med* 2012; 48: 361–370

Schmidt CO, Raspe H, Pfingsten M. Back pain in the German adult population: prevalence, severity, and sociodemographic correlates in a multiregional survey.

*Spine* 2007; 32: 2005–2011

Schneider S, Mohnen SM, Schiltenswolf M. Comorbidity of low back pain: Representative outcomes of a national health study in the Federal Republic of Germany.

Eur J Pain 2006; 11: 387–397

Schneider BJ, Huynh L, Levin J. Does Immediate Pain Relief After an Injection into the Sacroiliac Joint with Anesthetic and Corticosteroid Predict Subsequent Pain Relief?

Pain Med. 2018 Feb 1; 19: 244–251

Schnitzer TJ, Ferraro A, Hunsche E. A comprehensive review of clinical trials on the efficacy and safety of drugs for the treatment of low back pain.

J Pain Symptom Manage 2004; 28: 72–95

Schur EA, Afari N, Furberg H. Feeling bad in more ways than one: comorbidity patterns of medically unexplained and psychiatric conditions.

J Gen Intern Med 2007; 22: 818–821

Serpell MG. Gabapentin in neuropathic pain syndromes: a randomised, double blind, placebo-controlled trial.

Pain 2002; 99: 557–566

Shamrock AG, Patel A, Alam M. The Safety Profile of Percutaneous Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion.

Global Spine J 2019 Dec; 9: 874–880

Shearar K, Colloca CJ, White HL. A randomized clinical trial of manual versus mechanical force manipulation in the treatment of sacroiliac joint syndrome

J manipulative and physiological therapeutics 2005; 28: 493–501

Simopoulos TT, Manchikanti L, Singh V. A systematic evaluation of prevalence and diagnostic accuracy of sacroiliac joint interventions Pain Physician 2012; 15: E305–344



Slade SC, Patel S, Underwood M. What are patient beliefs and perceptions about exercise for non-specific chronic low back pain? A systematic review of qualitative studies

J Pain 2014; 30: 995–1005

Slipman CW, Jackson HB, Lipetz JL. Sacroiliac joint pain referral zones

Arch Phys Med Rehabil 2000; 81: 334–337

Slipman CW, Lipetz JS, Plastaras CT. Fluoroscopically guided therapeutic sacroiliac joint injections for sacroiliac joint syndrome

Am J Phys Med Rehabil 2001 80: 425–432

Smith AG, Capobianco, Cher D. Open versus minimally invasive sacroiliac joint fusion: a multi-center comparison of perioperative measures and clinical outcomes

Annals of Surg innovation and Research 2013; 7: 1

Smith BE, Littlewood C, May S. An update of stabilisation exercises for low back pain: a systematic review with meta-analysis

BMC Musculoskelet Disord 2014; 15: 416

Snijders CJ, Vleeming A, Stoeckart R. Transfer of lumbosacral load to iliac bones and legs

Clin Biomech 1993; 8: 295–301

Stuber KJ. Specificity, sensitivity, and predictive values of clinical tests of the sacroiliac joint: A systematic review of the literature

JCCA 2007; 51: 30–41

Sturesson B, Kools D, Pflugmacher R. Six-month outcomes from a randomized controlled trial of minimally invasive SI joint fusion with triangular titanium implants vs conservative management

Eur Spine J 2017 Mar; 26: 708–719

Surkitt LD, Ford JJ, Hahne AJ. Efficacy of directional preference management for low back pain: a systematic review  
Physical Therapy 2012; 92: 652–665

Szadek K, van der Wurff P, van Tulder M. Diagnostic validity of criteria for sacroiliac joint pain: A systematic review  
J Pain 2009; 10: 354–368

Takasaki H, Iizawa T, Hall T, et al. The influence of increasing sacroiliac joint force closure on the hip and lumbar spine extensor muscle firing pattern. Manual Therapy; 2009; 14:5: 484–489

Timischl W. Angewandte Statistik.  
Eine Einführung für Biologen und Mediziner. 3. Auflage 2013: 303

Traeger AC, Buchbinder R, Elshaug AG. Care for low back pain: can health systems deliver?  
Bull World Health Organ. 2019 Jun 1; 97: 423–433

Unoki E, Miyakoshi N, Abe E. Sacroiliac joint pain after multiple-segment lumbar fusion: a long-term observational study—Non-fused sacrum vs. fused sacrum  
Spine Surg Relat Res. 2017; 1: 90–95

Urquhart DM, Hoving JL, Assendelft WW. Antidepressants for non-specific low back pain.  
Cochrane Database Syst Rev 2008

Vanaclocha-Vanaclocha V, Sáiz-Sapena N, Vanaclocha L. Sacroiliac joint pain: is the medical world aware enough of its existence? Why not considering sacroiliac joint fusion in the recalcitrant cases?  
J Spine Surg 2019 Sep; 5: 384–386

Vanaclocha V, Herrera JM, Saiz-Sapena N. Minimally Invasive Sacroiliac Joint Fusion, Radiofrequency Denervation, and Conservative management for Sacroiliac Joint Pain Neurosurgery 2018 Jan 1; 82: 48–55

Van der Wurff P, Buijs EJ, Groen GJ. A multitest regimen of pain provocation tests as an aid to reduce unnecessary minimally invasive sacroiliac joint procedures.

Arch Phys Med Rehabil 2006; 87: 10–14

Pain practice 2010; 10: 470– 478

van Dieen JH, Cholewicki J, Radebold A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine.

Spine (Phila Pa 1976) 2003a; 28: 834–884

Vanti C, Bertozzi L, Gardenghi I. Effect of taping on spinal pain and disability: systematic review and meta-analysis of randomized trials

Physical Therapy 2015; 95: 493–506

Van der Wurff P, Buijs EJ, Groen GJ. A multitest regimen of pain provocation tests as an aid to reduce unnecessary minimally invasive sacroiliac joint procedures.

Arch Phys Med Rehabil 2006; 87:10–14

Van Wingerden JP, Vleeming A, Buyruk HM. Stabilization of the sacroiliac joint in vivo: verification of muscular contribution to force closure of the pelvis

Eur Spine J 2004; 13: 199–205

Vilensky JA, O'Connor BL, Fortin JD. Histological analysis of neural elements in the human sacroiliac joint

Spine 2002; 27: 1202–1207

Vleeming A, van Wingerden JP, Snijders CJ. Mobility in the sacroiliac joints in the elderly: a kinematic and radiological study

Clin Biomech 1992; 7: 170–176

Vleeming A, Stoeckart R. The role of the pelvic girdle in coupling the spine and the legs: a clinical-anatomical perspective on pelvic stability. In: Andry Vleeming Vert Mooney Rob Stoeckart: Movement, Stability & Lumbopelvic Pain, 2nd Edition March: 2007, Kapitel 8

Vleeming A, Schuenke MD, Masi AT. The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications  
J Anat 2012 Sep 19; 221: 537–567

Vleeming A, Schuenke MD, Danneels L, Willard FH. The functional coupling of the deep abdominal and paraspinal muscles:  
J Anat 2014 Oct; 225: 447–462

Vleeming A, Schuenke M. Form and Force Closure of the Sacroiliac Joints  
PM R. 2019 Aug;11 Suppl 1: 24–31

Whang PG, Darr E, Meyer SC. Long-Term Prospective Clinical and Radiographic Outcomes After Minimally Invasive Lateral Transiliac Sacroiliac Joint Fusion Using Triangular Titanium Implants  
Med Devices (Auckl) 2019; 12: 411–422

Wenig CM, Schmidt CO, Kohlmann T. Costs of back pain in Germany  
Eur J Pain 2009; 13: 280–286

Williamson A, Hoggart B. Pain: a review of three commonly used pain rating scales  
J Clin Nurs 2005 Aug;14: 798–804

Wise CL, Dall BE. Minimally invasive sacroiliac arthrodesis: outcomes of a new technique.  
J Spinal Disord Tech 2008; 21: 579–584

Yson SC, Sembrano JN, Polly DW Jr. Sacroiliac Joint Fusion: Approaches and Recent Outcomes. PM R. 2019 Aug;11 Suppl 1: 114–117

Zaidi HA, Montoure AJ, Dickman CA. Surgical and clinical efficacy of sacroiliac joint fusion: a systematic review of the literature.

Spine. 2015 Jul; 23: 1: 59–66

Zelle BA, Gruen GS, Brown S, George S Sacroiliac joint dysfunction: evaluation and management

Clin J Pain Sep-Oct 2005;21(5):446-55.