publiziert bei:	AWMF online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin

AWMF-Register Nr.	151/004	Klasse:	S3

Radiofrequenz-Denervation der Facettengelenke und des ISG

S3-Leitlinie

der

Deutschen Wirbelsäulengesellschaft e. V.

Deutsche Wirbelsäulengesellschaft
DWG

Version 01

Herausgebende Fachgesellschaft

Deutsche Wirbelsäulengesellschaft e. V.

Autoren:

Prof. Dr. med. Stephan Klessinger

Dr. med. Karsten Wiechert

Kontakt:

Prof. Dr. med. Stephan Klessinger
Neurochirurgie Biberach
Eichendorffweg 5
88400 Biberach
07351 4403 0
klessinger@neurochirurgie-bc.de

In Zusammenarbeit mit:

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI)

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC)

Deutsche Gesellschaft für Neuromodulation e. V. (DGNM)

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (DGOU)

Deutsche Schmerzgesellschaft e. V.

Interdisziplinäre Gesellschaft für orthopädische/unfallchirurgische und allgemeine Schmerztherapie e. V. (IGOST)

Unabhängige Vereinigung aktiver Schmerzpatienten in Deutschland e. V. (SchmerzLos)

Bitte wie folgt zitieren:

Klessinger S, Wiechert K, Deutsche Wirbelsäulengesellschaft. S3-Leitlinie Radiofrequenz-Denervation der Facettengelenke und des ISG. Version 01, 2023. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/151-004. Zugriff am (DATUM)

Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

Anamnese und Untersuchung

1. Es gibt keine Symptome oder klinischen Untersuchungen, die für das Vorliegen eines zervikalen oder lumbalen Facettengelenkschmerzes pathognomonisch sind.
2. Schmerzkarten und die Ergebnisse der segmentalen klinischen Untersuchung sollten zur Identifizierung der Level zur Austestung herangezogen werden.
3. Die Evidenz ist widersprüchlich, ob die Kombination mehrerer klinischer Provokationstests (≥ 3 Tests) in der Lage ist, das Ergebnis einer intraartikulären ISG-Injektion vorherzusagen. Beim Fehlen von positiven Provokationstests sollte keine Testblockade am ISG durchgeführt werden.

Bildgebung

4. Es gibt keine ausreichende Evidenz dafür, symptomatische Facettengelenke oder ein symptomatisches ISG allein mittels bildgebender Verfahren zu diagnostizieren.
5. Bildgebende diagnostische Verfahren haben keinen prädiktiven Wert bezüglich der Ergebnisse von diagnostischen Blockaden oder dem Ergebnis einer RF-Denervation. Sie liefern aber relevante Informationen zu differentialdiagnostischen Erkrankungen.
6. Vorhandene Bildgebung sollte neben der Anamnese und dem klinischen Untersuchungsbefund bei der Entscheidung, welche Level behandelt werden, berücksichtigt werden.

Diagnostische Blockaden

7. Vor einer Austestung der Facettengelenke und einer RF-Denervation soll eine chronische Schmerzsymptomatik bestehen. Bei Patienten mit Verdacht auf eine chronischen Schmerzstörung mit somatischen und psychischen Faktoren bedarf es vor einer Intervention einer interdisziplinären Abklärung.
8. Medial Branch Blocks sind als Testblockade vor einer RF-Denervation geeignet. Zur Testblockade vor einer RF-Denervation sollten Medial Branch Blocks durchgeführt werden.
9. Als primäre (therapeutische) Intervention bei ISG-Schmerzen kann eine intraartikuläre Injektion durchgeführt werden.
10. Zur Austestung vor einer RF-Denervation am ISG sollten „multi-site, multi depth“ Lateral Branch Blocks durchgeführt werden. Es kann eine intraartikuläre Injektion zur Austestung dienen.
11. Für eine diagnostische Testblockade kann sowohl ein kurz- als auch ein langwirksames Lokalanästhetikum verwendet werden. Das verwendete Volumen sollte weniger als 0,5 ml betragen.

12. Für einen diagnostischen Medial Branch Block sollte Kontrastmittel verwendet werden.
13. Eine Schwellenwert von 50 % Schmerzreduktion nach einem Medial Branch Block sollte verwendet werden, damit der Testblock als positiv gewertet werden kann.
14. Vor einer RF-Denervation sollten in der Regel zwei diagnostische Medial Branch Blocks mit positivem Ansprechen durchgeführt werden.

Radiofrequenz-Denervation

15. Eine RF-Denervation sollte mit Durchleuchtung durchgeführt werden.
16. Die diagnostische Testblockade sollte mit der gleichen Bildgebung durchgeführt werden, wie später die RF-Denervation.
17. Es ist davon auszugehen, dass eine größere Läsion zu einer länger anhaltenden Schmerzreduktion führt.
18. Bei konventionellen Sonden sollte eine Temperatur von 75–90 °C und eine Dauer von 60 bis 120 s sowie ein Durchmesser der Kanüle von mindestens 18 G mit einer aktiven Spitze von 10 mm (oder auch 5 mm an der HWS) für die Denervation verwendet werden.
19. Bei der Verwendung von konventionellen Sonden werden mehrere Läsionen pro Medial Branch bzw. Lateral Branch empfohlen.
20. Eine Empfehlung für oder gegen die Verwendung eines bestimmten Sondentyps kann nicht gegeben werden.
21. An der Halswirbelsäule soll bei Verwendung einer konventionellen Elektrode eine parallele Nadellage über einen posterioren bzw. schräg-posterioren Zugang ggf. mit einer gebogenen Nadel gewählt werden. An der Lendenwirbelsäule sollte bei Verwendung einer konventionellen Elektrode eine parallele Nadellage gewählt werden.
22. Eine sensorische und motorische Stimulation kann durchgeführt werden.
23. Nach einer erfolgreichen RF-Denervation mit mindestens 50 % Schmerzreduktion für mindestens 3 Monaten sollte bei Wiederauftreten der gleichen Schmerzen eine erneute RF-Denervation angeboten werden. War eine technisch korrekte RF-Denervation nicht erfolgreich sollte keine erneute RF-Denervation der gleichen Medial Branches durchgeführt werden.
24. Bei Wiederauftreten der gleichen Schmerzen nach erster erfolgreicher RF-Denervation sollte vor einer erneuten RF-Denervation keine erneute Austestung mittels Medial Branch Block erfolgen.
25. Es besteht keine Evidenz dafür, dass das Fortführen der Medikation mit Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmern zu einem klinisch relevanten erhöhten Blutungsrisiko führt.

26. Vor einer RF-Denervation an der LWS oder am ISG sollten Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer nicht abgesetzt werden, wobei immer eine Einzelfallentscheidung bezüglich des Risikos und des Nutzens erfolgen muss. Bei einer RF-Denervation an der HWS sollte eine individuelle Risiko/Nutzen Abwägung für jeden einzelnen Patienten getroffen werden.
27. Eine Sedierung, bei der der Patient ansprechbar ist, kann bei einer RF-Denervation durchgeführt werden.
28. Bei Patienten mit Metallimplantaten sollte eine multiplanare fluoroskopische Darstellung genutzt werden zur Darstellung des Implantates und der Sonde, wobei ein direkter Kontakt der Sonde mit dem Metall vermieden werden sollte.
29. Eine RF-Denervation bei Patienten mit implantiertem Schrittmacher oder Defibrillator soll in enger Zusammenarbeit mit einem Kardiologen erfolgen. Die Neutralelektrode sollte so platziert werden, dass das elektrische Feld zwischen Läsionselektrode und Neutralelektrode den Schrittmacher/Defibrillator nicht tangiert.
30. Für die Dauer einer RF-Denervation sollte ein implantierter Neurostimulator ausgeschaltet werden.
31. Schwerwiegende Komplikationen sind nach RF-Denervationen sehr selten.
32. Es ist wichtig, bei einer RF-Denervation an der HWS die vorhandene Bildgebung bezüglich anatomischer Varianten in die Planung einzubeziehen.
33. Es ist wichtig, die Patienten vor einer RF-Denervation über die Möglichkeit einer vorübergehenden Schmerzzunahme oder länger anhaltender Schmerzen und Dysästhesien zu informieren. Schmerzen, die länger als zwei Wochen anhalten sind sehr selten.

Inhalt

HERAUSGEBENDE FACHGESELLSCHAFT **2**

DIE WICHTIGSTEN EMPFEHLUNGEN AUF EINEN BLICK **4**

1. GELTUNGSBEREICH UND ZWECK **9**

1.1. Zielsetzung und Fragestellung 9
1.2. Versorgungsbereich 10
1.3. Patient:innenzielgruppe 10
1.4. Adressat:innen 10
1.5. Weitere Dokumente dieser Leitlinie 10

2. GRUNDLAGEN **11**

2.1. Diagnostische Testblockaden 13

3. RADIOFREQUENZ-DENERVATION **14**

3.1. Ergebnisse randomisiert kontrollierte Studien RF-Denervation versus Sham 14
3.2. Beurteilung der Evidenz 17
3.3. Fazit 17

4. ANAMNESE UND UNTERSUCHUNG **19**

4.1. Frage 1: Kann ein ISG- oder Facettengelenkschmerz durch Anamnese und klinische Untersuchung diagnostiziert werden? 19

5. BILDGEBUNG **25**

5.1. Frage 2: Gibt es eine Korrelation zwischen Befunden der Bildgebung und dem Ergebnis einer RF-Denervation? 25

6. DIAGNOSTISCHE BLOCKADEN **29**

6.1. Frage 3: Ist es notwendig, vor diagnostischen Blocks konservative Therapie durchgeführt zu haben, wie lange? 29
6.2. Frage 4: Sind Medial Branch Blocks zur Diagnose eines Facettengelenkschmerzes geeignet? 31
6.3. Frage 5: Sind Medial Blocks besser als intraartikuläre/perikapsuläre Blocks zur Diagnose eines Facettengelenkschmerzes geeignet? 33
6.4. Frage 6: Welche diagnostischen Blocks sollten am ISG vor einer Denervation erfolgen? 35
6.5. Frage 7: Welche Medikamente sind für eine Testblockade sinnvoll? 39
6.6. Frage 8: Welche Schmerzreduktion nach einem therapeutischen Block wird als positiv gewertet? 42
6.7. Frage 9: Wie viele diagnostische Blocks sind notwendig vor einer Denervation? 44

7. RADIOFREQUENZ-DENERVATION **49**

7.1. Frage 10: Welche Bildgebung wird für die RF-Denervation empfohlen? 49
7.2. Frage 11: Ist die Größe der Läsion entscheidend für das Ergebnis der Denervation? Wie kann die Läsion vergrößert werden? 51
7.3. Frage 12: Welche Art der Sonde ist vorteilhaft? 55
7.4. Frage 13: Ist die Lage der Sonde zum Nerven (parallel, rechtwinklig) entscheidend? 57
7.5. Frage 14: Ist eine sensorische oder motorische Teststimulation notwendig? 60
7.6. Frage 15: Kann eine RF-Denervation wiederholt werden, nach welcher Zeit? 62
7.7. Frage 16: Müssen Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmer vor einer RF- Denervation abgesetzt werden? 65

7.8. Frage 17: Ist eine Sedierung bei einer RF-Denervation sinnvoll? ... 68
7.9. Frage 18: Ist eine RF-Denervation bei Patienten mit Metallimplantaten möglich? ... 70
7.10. Frage 19: Ist eine RF-Denervation bei Patienten mit Herz-Schrittmacher oder SCS möglich? ... 71
7.11. Frage 20: Was sind typische Komplikationen eine RF-Denervation? ... 73

8. WICHTIGE FORSCHUNGSFRAGEN ... 78

9. ZUSAMMENSETZUNG DER LEITLINIENGRUPPE ... 79

9.1. Leitlinienkoordinatoren ... 79
9.2. Ansprechpartner ... 79
9.3. Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen ... 79
9.4. Patient:innen/Bürger:innenbeteiligung ... 80
9.5. Methodische Begleitung ... 80

10. INFORMATIONEN ZU DIESER LEITLINIE ... 81

10.1. Methodische Grundlagen ... 81
10.2. Systematische Recherche und Auswahl der Evidenz ... 81
10.3. Kritische Bewertung der Evidenz ... 81
10.4. Konsensfindung ... 82
10.5. Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke ... 82

11. REDAKTIONELLE UNABHÄNGIGKEIT ... 83

11.1. Finanzierung der Leitlinie ... 83
11.2. Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten ... 83

12. EXTERNE BEGUTACHTUNG UND VERABSCHIEDUNG ... 84

13. GÜLTIGKEITSDAUER UND AKTUALISIERUNGSVERFAHREN ... 85

14. VERWENDETE ABKÜRZUNGEN ... 86

15. LITERATURVERZEICHNIS ... 87

1. Geltungsbereich und Zweck

1.1. Zielsetzung und Fragestellung

Chronische Schmerzen, die von der Wirbelsäule ausgehen (Nackenschmerzen, Rückenschmerzen oder Kreuzschmerzen) sind ein relevantes Gesundheitsproblem. Es ist wichtig zu erkennen, wann eine spezifische Schmerzursache existiert (spezifischer Rückenschmerz), da dann ggf. auch eine spezifische Therapie möglich ist. Die Facettengelenke und das ISG sind bei Patienten über 50 Jahren die häufigste spezifische Ursache, da diese Gelenke, so wie andere Gelenke auch, von Verschleiß und Arthrose betroffen sind. Mit der Radiofrequenz-Denervation (RF-Denervation) steht eine spezifische Behandlungsmethode zur Verfügung, die bei einem großen Teil der Patienten eine langanhaltende Linderung der Schmerzen herbeiführt.

Allerdings handelt es sich bei der RF-Denervation um eine invasive, interventionelle Schmerztherapie, die typischerweise unter Verwendung von Bildgebung mit Röntgenstrahlung durchgeführt wird. Diese Therapie ist kostenintensiv, da spezielle Sonden zur Erzeugung der RF benötigt werden. Daher ist eine gründliche Nutzen-Risiko-Abwägung wichtig.

Die Leitlinie spezifischer Kreuzschmerz empfiehlt mit 100 % Konsens, dass eine perkutane Neurotomie mittels Radiofrequenztherapie bei Patienten mit einem persistierenden Facettensyndrom erwogen werden kann. Es fehlen aber bisher Empfehlungen, wie die Indikation zur RF-Denervation gestellt wird und welche Diagnostik und Therapie vor einer Denervation erfolgen sollte. Auch einheitliche Empfehlungen zur technischen Durchführung (Position der Sonde, Temperatur, Dauer, Dicke der Nadel) existieren nicht.

Primär geht es bei der RF-Denervation um die Behandlung von Rückenschmerzen. Es existieren andere Interventionen (z. B. epidurale Injektionen), die auch bei radikulären Schmerzen angewendet werden aber nicht Inhalt dieser Leitlinie sind. Berücksichtig wurde in dieser Leitlinie ausschließlich die thermische RF-Denervation. Andere RF-Anwendungen, die nicht eine Denervation, sondern z. B. eher eine Neuromodulation zum Ziel haben, wie z. B. die gepulste RF, die auch am Spinalganglion angewendet werden kann, werden in dieser Leitlinie nicht berücksichtigt. Auch die Kryotherapie ist nicht Inhalt dieser Leitlinie, da keine RF verwendet wird. RF wird auch in der Bandscheibe angewendet (intradiskal), was ebenfalls nicht Thema dieser Leitlinie ist.

Ziel einer RF-Denervation ist ein Therapieeffekt über viele Monate, so dass bei der Auswertung der Literatur insbesondere Endpunkte, die einen Verlauf von mindestens 12 Monaten untersucht haben, als kritisch bewertet wurden. Effekte von weniger als 3 Monaten Dauer sind nur von begrenzter Bedeutung.

Dieses Leitlinienthema wurde ausgewählt, um eine unangemessene Versorgung zu vermeiden, aber auch, um geeigneten Patienten den Zugang zur RF-Denervation zu ermöglichen, also eine angemessene Versorgung zu unterstützen und optimale Ergebnisse zu erzielen.

1.2. Versorgungsbereich

Die Leitlinie dient als Orientierung für individuelle Diagnostik- und Therapieentscheidungen in folgenden Versorgungsbereichen:

- Hausärztliche und fachärztliche Versorgung von Erwachsenen
- Diagnostik und Therapie spezifischer Rückenschmerzen
- Ambulante und stationäre Versorgungsbereiche

1.3. Patient:innenzielgruppe

Die Leitlinie betrifft erwachsene Patient:innen mit dem Leitsymptom chronischer Rückenschmerz, bei denen der Verdacht besteht, dass eine spezifische Schmerzursache im Bereich der Facettengelenke oder des Iliosakralgelenks vorliegt.

1.4. Adressat:innen

Die Empfehlungen dieser Leitlinie richten sich an:

- Ärzt:innen verschiedener Fachrichtungen, insbesondere Orthopädie, Neurochirurgie, Anästhesie, Schmerztherapeuten
- Die Fachgesellschaften, die an der Entwicklung der Leitlinie beteiligt waren
- Patient:innen

Sie dienen zur Information für:

- Hausärztinnen und Hausärzte
- weitere medizinisch-wissenschaftliche Fachgesellschaften
- gesundheitspolitische Institutionen und Entscheidungsträger:innen auf Bundes- und Landesebene
- Kostenträger
- sowie die Öffentlichkeit.

1.5. Weitere Dokumente dieser Leitlinie

Die Leitlinie „Radiofrequenz-Denervation der Facettengelenke und des ISG“ wird mit folgenden Komponenten publiziert:

I. Langfassung: Graduierte Empfehlungen, Darstellung der Evidenzgrundlage und Kommentare (vorliegendes Dokument)
II. Kurzfassung
III. Patient:innenleitlinie

IV. Leitlinienreport
V. Evidenztabellen

Alle Fassungen sind über die Internetseite der AWMF frei zugänglich:
https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/151-004

2. Grundlagen

Mögliche Ursachen von Rückenschmerzen werden aktuell kontrovers diskutiert. So wird z. B. in den Leitlinien der AWMF ein nicht-spezifischer Rückenschmerz (Nationale VersorgungsLeitlinie Nicht-spezifischer Kreuzschmerz 2017) einem spezifischen Rückenschmerz (S2k Leitlinie Spezifischer Kreuzschmerz 2018) gegenübergestellt. Grundsätzlich sind Gelenke eine häufige Schmerzursache. Eine Reihe unterschiedlicher degenerativer und entzündlicher Erkrankungen können sowohl große Gelenke wie Knie und Hüfte, aber auch kleine Gelenke an den Fingern betreffen.

Auch an der Wirbelsäule existieren Gelenke (Facettengelenke), deren Aufbau anderen synovialen Gelenken ähnlich ist und die reichlich mit Nozizeptoren versorgt sind (Klessinger 2016a) und somit im Bereich der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule als Schmerzquelle in Frage kommen. Das Iliosakralgelenk ist eine Amphiarthrose, zusammen mit dem Bandapparat kommt es ebenfalls als spezifische Schmerzursache in Frage.

Die Prävalenz von Facettengelenkschmerzen an der Lendenwirbelsäule (LWS) variiert in der Literatur zwischen 15 und 40 % (Dreyer & Dreyfuss 1996). Zu berücksichtigen ist, dass die Häufigkeit, mit der spezifische anatomische Strukturen Schmerzursaschen sind, altersabhängig ist (DePalma et al. 2011a). Ab den 55. Lebensjahr sind die Facettengelenke die häufigste Ursache für Rückenschmerzen gefolgt vom ISG, weil degenerative Veränderungen und Arthrosen im Laufe des Lebens zunehmen.

DePalma et al. 2011a sehen eine Prävalenz von ca. 20 % im Alter von 40 Jahren und eine Prävalenz von 45 % im Alter von 65 Jahren für Facettengelenkschmerzen der LWS. In der Literatur finden sich für das ISG als Schmerzursache Häufigkeiten zwischen 10 % (Hansen et al. 2007) und 30 % (Cohen et al. 2013a). Für die Halswirbelsäule (HWS) werden Prävalenzen zwischen 25 % (Aprill & Bogduk 1992) und 71 % (Bogduk & Marsland 1988) bei chronischen Nackenschmerzen angegeben und bei Patienten nach Schleudertrauma sind bei 54 % (Barnsley at al. 1995) bis 60 % (Lord at al. 1996a) der Patienten die Facettengelenke die Schmerzursache.

Diese unterschiedlichen Prävalenzen sind unter anderem dadurch zu erklären, dass es schwierig ist, einen Facettengelenkschmerz mit großer diagnostischer Sicherheit zu identifizieren (Schuster et al. 2021). Die Anamnese und die klinische Untersuchung sind wichtig und geeignet, die Verdachtsdiagnose zu stellen, es gibt jedoch keinen klinischen Test, der pathognomonisch für einen Facettengelenkschmerz ist (Cohen et al. 2020a). Für das ISG existieren eine Reihe klinischer Tests, die jeder für sich wenig diagnostische Sicherheit bieten, in Kombination angewendet aber einen Hinweis auf das ISG als Schmerzursache geben können (Schneider et al. 2020b). Die Korrelation zwischen degenerativen Befunden in der Bildgebung und Schmerzen ist ebenfalls schlecht (Klessinger & Freund 2017, Rashbaum et al. 2016).

Dennoch ist der Nachweis einer spezifischen Schmerzursache mit ausreichender diagnostischer Sicherheit wichtig, da mit der RF-Denervation eine spezifische Therapiemethode zur Verfügung steht. Die Indikation zur RF-Denervation besteht nur, wenn ein spezifischer

Facettengelenkschmerz oder ISG-Schmerz vorliegt. Gute Ergebnisse sind zu erwarten, wenn strenge diagnostische Kriterien und strenge Indikationen angewendet werden. Andererseits soll niemandem (z. B. durch zu strenge Kriterien) mit spezifischem Rückenschmerz diese spezifische Therapie vorenthalten werden.

2.1. Diagnostische Testblockaden

Zur Diagnosesicherung werden daher Testblockaden mit Lokalanästhesie durchgeführt. Allerdings gibt es sowohl in der Art der Ausführung als auch in der Interpretation der Ergebnisse Unterschiede in der Literatur.

Möglich sind intraartikuläre Blockaden in den Gelenkspalt oder auch „periartikulär“ in die Gelenkkapsel (Birkenmeier et al. 2007, Cohen et al. 2018). Alternativ werden die beiden Nerven, die das Gelenk versorgen mit Lokalanästhesie blockiert (Medial Branch Block) (Klessinger 2013a).

Durch die Blockade mit Lokalanästhesie wird eine vorübergehende Schmerzreduktion erreicht. Wie viel Schmerzreduktion notwendig ist, damit die Testblockade als positiv gewertet werden kann, wird in den Studien unterschiedlich gehandhabt. Die Spine Intervention Societey (SIS) fordert 100 % Schmerzreduktion des Index-Schmerzes (SIS-Guidelines, Bogduk 2013), aber auch mindestens 80 % oder mindestens 50 % Schmerzreduktion sind üblich (Dworkin et al. 2008).

Wie bei jedem anderen Test auch gibt es falsch-positive und falsch-negative Ergebnisse (Schwarzer et al. 1994a). Daher wird oft gefordert, das Ergebnis der ersten Testblockade durch eine Wiederholung mit unterschiedlich lang wirksamem Lokalanästhetikum zu verifizieren (vergleichende Blockade) oder zumindest eine wiederholte Blockade durchzuführen (Waring et al. 2021). Durch die verminderte Anzahl falsch-positiver Test-Ergebnisse sind bessere Ergebnisse der therapeutischen RF- Denervation zu erwarten. In Kauf genommen werden aber falsch-negative Ergebnisse, wodurch Patienten mit Facettengelenkschmerz eine Therapie vorenthalten würde. Eine Entscheidung zwischen Zugang zur Therapie und gutem Ergebnis (Derby et al. 2022) ist notwendig. Momentan findet man häufig die Devise „maximizing access to care“ (Cohen et al. 2020a).

Diese diagnostischen Fragestellungen sind relevant für die Therapieoptionen. Die Indikation zur RF-Denervation und die unterschiedlichen Vorgehensweisen bezüglich Testblockaden haben erheblichen Einfluss auf das Ergebnis der Denervation. Deshalb wurden Fragen zur Anamnese, Untersuchung, Bildgebung und zu den diagnostischen Interventionen in diese Leitlinie einbezogen, so dass Empfehlungen und Statements auch zu diesen Fragestellungen getroffen werden.

3. Radiofrequenz-Denervation

Die Idee der Radiofrequenz-Denervation (RF-Denervation) ist die Unterbrechung der Schmerzweiterleitung durch Koagulation der afferenten Nerven (Medial Branch) der Facettengelenke (Klessinger 2013b). Es wird also nicht die Schmerzursache behandelt. Bei der konventionellen RF-Denervation wird durch ein Hochfrequenz-Wechselstrom zwischen der Sondenspitze (Anode) und der Neutralelektrode (Kathode) ein elektrisches Feld erzeugt. Dieses Feld bewirkt ein Oszillieren der benachbarten Moleküle. Auf Grund der Größendifferenz zwischen Sondenspitze und Neutralelektrode (ca. 1 : 2600) ist die Dichte der Feldlinien an der nicht isolierten Sondenspitze höher, so dass nur dort durch das Oszillieren der Moleküle eine relevante Hitze entsteht, die zur Denaturierung der Proteine des Medial Branch führt. Es erwärmt sich nicht die Sonde selbst, sondern die Umgebung neben der Sondenspitze, allerdings nicht so sehr der Bereich distal der Sondenspitze (Ball 2014). Bei bipolaren Techniken, die gerne am ISG verwendet werden, wird das elektrische Feld zwischen zwei benachbarten Sondenspitzen erzeugt (Bruners et al. 2008).

Ziel ist es, einen möglichst langen Anteil des Nerven zu veröden. Es gibt Hinweise, dass die Länge der Strecke des Nerven, die verödet wurde, mit der Wirkdauer der RF-Denervation korreliert (Dryfuss et al. 2000). Daher wird versucht, eine möglichst große Läsion zu erzeugen. Die Größe der Läsion ist abhängig vom Durchmesser der Sonde, dem Temperaturanstieg und der Zieltemperatur, der Dauer der Anwendung, der Anzahl der Läsionen und der Nadelposition (Cosman et al. 2014). Es erscheint naheliegend, dass eine parallele Lage der Sonde zum Nerven eine längere Strecke koaguliert als eine rechtwinklige Lage (SIS-Guidelines, Bogduk 2013). Bezüglich all dieser genannten Parameter und auch bezüglich der Sondenposition zum Nerven gibt es kein einheitliches Vorgehen bei den bisher durchgeführten Studien.

Neben den konventionellen Sonden wird zur Verödung des Medial Branch oder des Lateral Branch am ISG auch eine gekühlte Sonde (cooled-RF) verwendet. Da es nicht möglich ist, die Energie des elektrischen Feldes beliebig zu erhöhen, weil eine Gasbildung im Gewebe durch Verdampfen von Wasser bei Temperaturen über 100 °C vermieden werden soll, wird bei der cooled-RF die Sondenspitze durch einen kontinuierlichen Wasserkreislauf gekühlt. Dadurch kann mit einer höheren Energie gearbeitet werden und es entsteht ein größeres Läsionsfeld, welches sich auch distal der Sondenspitze ausbreitet (Ball 2014).

3.1. Ergebnisse randomisiert kontrollierte Studien RF-Denervation versus Sham

Um die Wirksamkeit der RF-Denervation zu untersuchen, wurden randomisierte, kontrollierte Studien (RCTs) durchgeführt, die eine RF-Denervation mit einer Sham-Prozedur verglichen haben. Diese Studien wurden durch eine Systematische Literatursuche (siehe „Leitlinienreport“) ausfindig gemacht und systematisch nach den GRADE-Prinzipien ausgewertet. Die ausführlichen Ergebnisse finden sich in dem Dokument „Evidenztabellen“.

Vier Studien haben die RF-Denervation im Vergleich zu Sham an der HWS untersucht. Lord et al. 1996b haben 24 Patienten nach einem Schleudertrauma eingeschlossen. Doppelblind-placebo-kontrollierte Medial Branch Blocks wurden als Testblockade genutzt. Es fand sich ein signifikanter Unterschied in der Dauer der Schmerzreduktion. Nach 27 Wochen waren sieben Patienten der RF-Gruppe im Vergleich zu einem Patienten in der Sham-Gruppe schmerzfrei. Schmerzfreiheit aber auch eine Verbesserung der psychologischen Komponente haben Wallis et al. 1997 bei 24 Patienten nach doppelblind-placebo-kontrollierten Medial Branch Blocks untersucht. Es fanden sich signifikante Unterschiede zugunsten der RF-Gruppe, allerdings konnten die Daten von 7 Patienten nicht ausgewertet werden. Stovner et al. 2004 haben zervikogenen Kopfschmerz untersucht. Nur nach 3 Monaten gab es eine signifikante Verbesserung der Armschmerzen nach RF-Denervation. Bezüglich Kopfschmerzen gab es in der Sham-Gruppe nach 24 Monaten mehr erfolgreich behandelte Patienten. Der RF-Anwender war nicht verblindet. Eine aktuelle Vergleichsstudie von van Eerd et al. 2021 fand zwar eine signifikant längere Wirkung, jedoch keine signifikant besseren Ergebnisse (Schmerzreduktion, Global Impression, Neck Disability Index, Medikamentenverbrauch) in der RF-Gruppe im Vergleich zur Sham-Gruppe (nur Lokalanästhesie). Allerdings wurden Patienten ohne diagnostischen Medial Branch Block eingeschlossen und die Nadelposition erfolgte über einen alternativen Zugang.

Für die Studien der HWS ist die Qualität der Evidenz moderat bis sehr niedrig. Es gibt nur wenige Studien mit geringen Patientenzahlen und teils hohem Loss-to-follow-up. Zudem wurden sehr heterogene Patientengruppen untersucht (Verkehrsunfall, Nackenschmerzen, Kopfschmerzen). In einer Studie konnte jedoch ein deutlicher Vorteil nach RF-Denervation bezüglich Schmerzfreiheit herausgearbeitet werden. Die aktuellste Studie fand jedoch keinen Effekt allerdings ohne Medial Branch Block, mit alternativer Technik und fehlender Verblindung des Operators.

Für die LWS wurden 8 RCTs gefunden. Gallagher at al. 1994 haben 41 Patienten mit länger als 3 Monaten bestehenden Rückenschmerzen untersucht, die zuvor mit einem Medial Branch Block getestet wurden. Nach 1 und 6 Monaten fand sich eine signifikant bessere Schmerzreduktion der Patienten nach RF-Denervation. Allerdings gibt es methodische Schwächen, so fehlen Angaben zum Loss-to-follow-up, zur Randomisierung und zur Verblindung. Van Kleef et al. 1999 haben Patienten mit Rückenschmerzen seit mehr als 12 Monaten untersucht. Mindestens 50 % Schmerzreduktion nach einem einmaligen Medial Branch Block war Voraussetzung. Nach 2 Monaten fanden sich signifikant bessere Ergebnisse bezüglich Visueller Analog Skala (VAS) und Oswestry Disability Index (ODI) bei Patienten mit RF-Denervation. Leclair et al. 2001 haben 70 Patienten mit Hilfe intraartikulärer Injektionen ausgewählt. Nur nach einem Monat gab es signifikante Unterschiede im Roland Morrison Fragebogen (RMQ). Keine Unterschiede der beiden Behandlungsgruppen fanden sich bezüglich VAS oder ODI nach 1 oder 3 Monaten. Van Wijk et al. 2005 nutzen ebenfalls intraartikuläre Injektionen als diagnostisches Kriterium bei Patienten mit Rückenschmerzen für mehr als 6 Monate Dauer. Einzig der „Global Impression“ war besser nach 3 Monaten, nicht aber die Schmerzreduktion (VAS). Tekin et al. 2007 haben 60 Patienten mit Rückenschmerzen für mindestens 6 Monate untersucht. 50 % Schmerzreduktion nach Medial Branch Block war Voraussetzung. Signifikante Unterschiede in

VAS und ODI fanden sich nach 6 Monaten. Der Anwender der RF war allerdings nicht verblindet. Nath et al. 2008 haben kontrollierte Medial Branch Blocks mit mindestens 80 % Schmerzreduktion bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen seit mehr als 2 Jahren angewendet. Nur das generelle Schmerzempfinden, nicht aber der Rückenschmerz zeigte signifikant bessere Ergebnisse nach RF-Denervation. Vor Therapiebeginn hatten die Patienten in der Gruppe RF-Denervation signifikant mehr Schmerzen als in der Sham-Gruppe. Van Tilburg et al. 2016a nutzen einen Medial Branch Block mit mindestens 2 Punkten Verbesserung in der Numerischen Rating Skala (NRS) bei Patienten mit mindestens 3 Monaten Rückenschmerz als Voraussetzung. Sowohl die RF-Denervations-Gruppe als auch die Sham-Gruppe wurden zusätzlich mit einem Krankengymnastik-Programm behandelt (Konfounder). Signifikante Unterschiede fanden sich nach einem Monat nicht. Juch et al. 2017 haben bei Patienten mit 50 % Schmerzreduktion nach einem Medial Branch Block eine Kombination aus RF-Denervation und Physiotherapie mit Physiotherapie allein (Konfounder) verglichen und fanden bei 125 Patienten nach 3, 6 und 12 Monaten keinen signifikanten Unterschied der Schmerzreduktion. Das Loss-to-follow-up betrug 18 %.

Generell ist die Qualität der Evidenz moderat bis sehr niedrig. Die Patientenzahlen sind in den meisten Studien sehr gering. Für manche Schlüsselfragen existiert nur eine Studie. Manchmal war die Randomisierung oder Verblindung nicht klar oder unvollständig. Nicht immer waren die RF-Gruppe und die Sham-Gruppe initial vergleichbar. Das größte Problem ist aber die Heterogenität der Ergebnisse aufgrund unterschiedlicher Indikationen, Einschlusskriterien und RF-Techniken. Es wurden intraartikuläre Injektionen ebenso wie Medial Branch Blocks als Testblockade genutzt. Manchmal war eine Blockade ausreichend, manchmal wurden zwei durchgeführt. Auch die notwendige Schmerzreduktion variierte zwischen 50 % und 80 %. Für die RF-Denervation wurden unterschiedliche Temperaturen, Zeiten und Nadelpositionen verwendet.

Zusammenfassend finden sich signifikant bessere Ergebnisse nach RF-Denervation im Vergleich zu einem Sham-Eingriff vor allem < 3 Monate nach dem Eingriff. Kritische Endpunkte sind aber eher die Langzeitwirkung nach 6 oder 12 Monaten.

Vier Studien haben sich mit der RF-Denervation am ISG im Vergleich zu Sham beschäftigt. Cohen et al. 2008a verwendeten 75 % Schmerzreduktion nach intraartikulärer Testinjektion als Einschlusskriterium. Eine konventionelle RF wurde für den Medial Branch Block L5 verwendet, eine cooled-RF für die Lateral Branches S1–S3. Signifikant bessere Ergebnisse (> 50 % Schmerzreduktion, ODI, Reduktion von Schmerzmedikamenten und Dauer der Schmerzreduktion) fanden sich nach der RF-Denervation. Allerdings unterschieden sich die beiden untersuchten Gruppen in Bezug auf die Morphin-Einnahme vor dem Eingriff. Patel et al. 2012 nutzen zwei Testblockaden an den Lateral Branch. Es erfolgte eine cooled-RF L5–S3. Nach 3 Monaten fanden sich signifikant bessere Ergebnisse bezüglich NRS und ODI. Die Daten der Auswertung nach 6 und 9 Monaten sind unvollständig. Der RF-Anwender war nicht verblindet. Van Tilburg et al. 2016b nutzen zur Selektion eine klinische Untersuchung und intraartikuläre Testblockaden, die allerdings ohne Kontrastmittel durchgeführt wurden. Nach einem Monat fand sich kein signifikanter Unterschied bezüglich NRS zwischen RF- und Scham-Gruppe. Beide Gruppen

wurden mit Physiotherapie behandelt (Konfounder). Mehta et al. 2018 kombinierten 80 % Schmerzreduktion nach intraartikulärer Injektion mit einem positiven FABER-Test als Einschlusskriterium. Es wurde ein konventionelle RF-Denervation für den Medial Branch Block L5 verwendet und eine Sonde mit drei aktiven Bereichen, die bipolare und monopolare Läsionen kombiniert, für die sakralen Äste. Nach 3 Monaten fand sich eine deutlich besserer NRS-Reduktion in der RF-Gruppe.

Auch für das ISG findet sich eine geringe Studien- und Patientenzahl. Zudem sind die Einschlusskriterien (intraartikulär, Lateral Branch) und die verwendete Technik (konventionelle RF, cooled-RF, bipolar) heterogen, so dass sich eine niedrige bis sehr niedrige Qualität der Evidenz ergibt. Für den kritischen Endpunkt einer Langzeitwirkung > 6 Monate fanden sich jedoch signifikante Ergebnisse.

3.2. Beurteilung der Evidenz

Betrachtet man die Evidenz-Tabellen, so zeigt sich eine moderate bis sehr niedrige Qualität der Evidenz. Dies liegt zum einen an der geringen Zahl der Studien mit oft nur sehr wenigen Teilnehmern, aber vor allem an der Heterogenität der Studien in Bezug auf Indikation und Durchführung der RF-Denervation.

Eine RF-Denervation ist eine spezifische Therapie gegen Schmerzen, die in den Facettengelenken bzw. im ISG ihren Ursprung haben. Insofern ist es relevant, vor der Intervention die Diagnose und somit die Schmerzquelle gesichert zu haben, nur dann sind gute Ergebnisse zu erwarten. Neben Anamnese und klinischer Untersuchung werden daher Testblockaden durchgeführt. In den ausgewerteten Studien wurden unterschiedlichste Testblockaden verwendet: Intraartikuläre Injektionen oder Injektionen an den Medial Branch; Darstellung der zu erwartenden Medikamentenverteilung mit Kontrastmittel oder Injektionen ohne Kontrastmittel; Testblockaden wurden einmalig durchgeführt oder wiederholt, teils Placebo-kontrolliert. Ob 50 % oder 80 % Schmerzreduktion notwendig sind für einen positiven Test variierte ebenfalls. Durch diese Unterschiede in der Indikationsstellung sind die Studien und deren Ergebnisse kaum vergleichbar. Es ist zu erwarten, dass eine strengere Indikation zu besseren Ergebnissen führen würde.

Auch die RF-Denervation wurde sehr unterschiedlich durchgeführt in Bezug auf Temperatur und Dauer sowie Dicke der Sonde. An der LWS und HWS spielt die Position der Sonde (parallel oder rechtwinklig zum Nerven) möglicherweise eine entscheidende Rolle. Am ISG wurden unterschiedliche Sondentypen (konventionelle RF, cooled-RF, bipolare RF) verwendet. Dadurch sind die Studienergebnisse nur schlecht vergleichbar.

3.3. Fazit

Die Problematik der Indikationsstellung mittels Testblockaden und der verschiedenen Möglichkeiten der Anwendung der RF-Denervation zeigt, dass sich international unterschiedlichste

Vorgehensweisen etabliert haben. Diese Leitlinie versucht daher, anhand von Evidenzen in der Literatur Empfehlungen für die Indikation, die Testblockaden und die Anwendung der RF-Denervation zu geben.

Es soll damit ein Mehr an Versorgungsqualität erreicht werden, indem eine Über-, Unter- und Fehlversorgung vermieden wird. Zudem spielen sozio-ökonomische Aspekte eine Rolle, da Einsparungen durch Vermeidung unnötiger kostenintensiver RF-Denervationen möglich sind. Einsparungen können aber insbesondere auch durch eine effektive Therapie mittels RF-Denervation durch kürzere Arbeitsunfähigkeiten und Einsparungen anderer Therapien erreicht werden.

4. Anamnese und Untersuchung

4.1. Frage 1: Kann ein ISG- oder Facettengelenkschmerz durch Anamnese und klinische Untersuchung diagnostiziert werden?

Die Diagnose eines Facettengelenkschmerzes bzw. eines ISG-Schmerzes wird durch die Kombination aus Anamnese, klinischer Untersuchung und Testblockaden gestellt. Testblockaden sind aufwendig, beinhalten ein Risiko für den Patienten und eine Strahlenbelastung und sind zudem mit einer nicht geringen falsch-positiv-Rate behaftet. Die richtigen Patienten für eine Testblockade anhand von Anamnese und klinischer Untersuchung herauszufinden ist daher wichtig. Die Korrelation zwischen klinischer Untersuchung und Ergebnissen von Facettenblockaden (intraartikulär und Medial Branch Block) wurde untersucht, aber auch die Korrelation von klinischer Untersuchung mit Ergebnissen einer RF-Denervation.

Evidenz von Studien

Eine große Zahl von Beobachtungsstudien hat eine Korrelation von klinischen Untersuchungsergebnissen mit Blockaden der Facettengelenke untersucht. Allerdings unterscheiden sich die Studien wesentlich in der Art der Blockade (intraartikuläre oder Medial Branch Block), in der Anzahl der Blockaden (einmalig oder kontrolliert), in der Auswahl der Level und bei den verwendeten Medikamenten (Lokalanästhesie mit oder ohne Cortison). Auch die Kriterien für Erfolg sind unterschiedlich (Schmerzreduktion, Bewegungsumfang).

HWS:

Dwyer at al. 1990 haben bei asymptomatischen Probanden Kontrastmittel in zervikale Facettengelenkkapseln injiziert. Der hierdurch provozierte Schmerz wurde in Schmerzdiagramme eingezeichnet, so dass eine Schmerzkarte mit überlappenden Schmerzgebieten für jeden Level entstand. Die Ergebnisse konnten von Fukui et al. 1996 bestätigt werden. Cooper et al. 2007 nutzten keine Stimulation der Gelenkkapsel, sondern untersuchten die Schmerzverteilung bei Patienten, die zweimal mittels Medial Branch Block positiv getestet wurden und konnten vergleichbare Schmerzkarten zeichnen.

Jull et al. 1988 haben das Ergebnis einer manualmedizinischen Untersuchung mit Medial Branch Blocks verglichen. In allen 15 Fällen konnte das korrekte Gelenk identifiziert werden. Aprill et al. 1990 haben die Schmerzlokalisation der Patienten mit etablierten Schmerzdiagrammen verglichen und konnten bei 9/10 Patienten das Gelenk identifizieren, welches später mittels Medial Branch Block bestätigt wurde. Bei Patienten nach Schleudertrauma wählten Barnsley & Bogduk 1993 den Level nach Schmerzdiagrammen und Muskelhartspann aus und konnten bei 11/15 Patienten den korrekten Level identifizieren.

Lord et al. 1994 fanden bezüglich zervikogener Kopfschmerzen häufiger einen Muskelhartspann in Höhe Hw2/3, ansonsten keine klaren Zeichen in Anamnese oder Untersuchung.

Entgegengesetzte Ergebnisse fanden King et al. 2007, die erneut die Ergebnisse einer manuellen Diagnostik mit kontrollierten Medial Branch Blocks verglichen haben. Die Sensitivität betrug 0,89, die Spezifität allerdings nur 0,47. Auch Smith et al. 2013 fanden bei Patienten nach Schleudertrauma keine Unterschiede bezüglich Bewegungsumfang und Muskelaktivität bei Respondern bzw. Non-Respondern nach einem intraartikulären Block und nach einem Medial Branch Block. Wurde eine Kombination von Tastbefund, manueller Untersuchung und Extensions-Rotations-Test verwendet, so ergab sich in der Studie von Schneider et al. 2014 eine Sensitivität von 0,79, eine Spezifität von 0,84 und eine Likelihood Ratio (LR) von 4,94.

Eine Studie hat den Erfolg einer RF-Denervation in Abhängigkeit der klinischen Untersuchung ausgewertet (Cohen et al. 2007a). Eine positive Korrelation mit dem Erfolg fand sich bei muskulärem Hartspann, eine negative Korrelation bei Schmerzausstrahlung in den Kopf, Opiat-Gebrauch und einer Schmerzverstärkung bei Extension und/oder Rotation.

LWS:

Fairbank et al. 1981 fanden, dass Patienten mit einer Schmerzreduktion nach intraartikulärem Block weniger Beinschmerzen, häufiger ein negatives Zeichen nach Lasègue und mehr Schmerzen bei Flexion hatten als Patienten ohne Ansprechen auf den Block. Hingegen fanden Lewinnek & Warfield 1986 keine Korrelation zwischen Ansprechen auf einen intraartikulären Block und der klinischen Untersuchung.

Helbig & Lee 1988 haben einen Punktescore für verschiedene Untersuchungen entwickelt. Ein Score > 60 fand sich häufig bei Patienten mit Besserung nach intraartikulärem Block. Ein niedriger Score war nicht prädiktiv. Ein distaler Beinschmerz sprach für ein schlechtes Ergebnis, eine Muskelverhärtung für ein positives Ansprechen. Jackson et al. 1988 fanden ebenfalls eine positive Korrelation mit dem Ansprechen auf einen intraartikulären Block bei wenig Beinschmerzen, normalem Gangbild und Muskelhartspann sowie maximalem Schmerz bei Extension nach Vorbeugung im Stehen.

Revel et al. 1992 fanden bei Respondern keinen Schmerz beim Husten, keine Schmerzverstärkung bei Hyperextension, Vorbeugung und Aufrichten aus Vorbeugung oder Extension-Rotation und eine Besserung im Liegen. In einer Folgestudie (Revel et al. 1998) wurden die gleichen klinischen Parameter in einer Placebo-kontrollierten, randomisierten Studie untersucht. Wenn mindestens 5 dieser Kriterien vorlagen, betrug die Sensitivität 92 % und die Spezifität 80 % für das Vorliegen eines Facettengelenkschmerzes.

Im Gegensatz zu diesen Studien konnten Schwarzer et al. 1994b mit kontrollierten, vergleichenden Blockaden intraartikulär oder als Medial Branch Block keine Korrelation des Ansprechens mit den klinischen Ergebnissen finden. Lediglich Patienten mit zentralisierendem Schmerz sprachen nicht auf die Blockade an. Auch die Placebo-kontrollierte Folgestudie von Schwarzer et al. 1995b erbrachte keine Korrelation.

Drei Studien von Manchikanti et al. 1999, 2000a, 2000b konnten ebenfalls keine Korrelation mit klinischen Befunden nachweisen, insbesondere konnte auch die Korrelation mit den von Revel et al. 1998 untersuchten Kriterien nicht bestätigt werden. Auch die Studien von Laslett

et al. 2004, 2006 fanden eine sehr geringe Sensitivität (< 17 %) für die Kriterien von Revel. Eine positive Korrelation zeigte sich, wenn keine Schmerzen beim Husten auftraten und keine Verschlechterung beim Aufrichten aus Flexion bestand, der Schmerz paraspinal lokalisiert war, keine Zentralisierung bestand und ein Extensions-Rotations-Test positiv war, sowie Laufen und Sitzen besser waren.

Young et al. 2003 fanden eine positive Korrelation, wenn kein Schmerz beim Aufstehen vom Sitzen auftrat und eine negative Korrelation bei zentralisierendem Schmerz. Bei DePalma et al. 2011b war ein paraspinaler Schmerz positiv korreliert, fehlende Muskelverhärtung negativ.

Petersen et al. 2017 haben in einem systematischen Review klinische diagnostische Regeln für verschiedene Rückenschmerz-Ursaschen aufgestellt. Eine negative Reaktion auf doppelte diagnostische intraartikuläre Injektionen oder Medial Branch Blocks konnte beim Fehlen einer Linderung beim Liegen und beim Fehlen einer Schmerzzentralisierung vorhergesagt werden.

Eine Studie von Cohen at al. 2007a hat den Erfolg einer RF-Denervation in Abhängigkeit der klinischen Untersuchung untersucht. Eine paraspinale Verhärtung war positiv korreliert, eine Schmerzunahme bei Extension-Rotation (Facet-load), war negativ assoziiert. Cohen et al. 2020b haben den Einfluss von Waddell-Signs auf das Ergebnis untersucht. Weniger Waddell-Signs ergaben ein besseres Ergebnis bei allerdings einem Loss-to-Follow-up von 41,5 %.

ISG:

Die ersten Studien, die die Ergebnisse klinischer Untersuchungen und von Provokationstest mit dem Ergebnis von intraartikulären Injektionen verglichen haben, fanden keine positive Assoziation. Bei Schwarzer et al. 1995a war lediglich das Vorhandensein von Leistenschmerzen positiv assoziiert aber keiner der Provokationstests. In der Studie von Maigne et al. 1996 gab es keine Korrelation zwischen Provokationstests und dem Ergebnis der intraartikulären Injektion. Dreyfuss et al. 1996 sahen ebenfalls keinen diagnostischen Wert nach Durchführung von 12 Provokationstest oder der Kombination dieser Tests. Bei Slipman et al. 1998 betrug der positive prädiktive Wert 60 %, die Diagnose konnte nicht durch Tests gesichert werden.

Im Gegensatz dazu zeigte eine Studie von Young et al. 2003 eine positive Korrelation von mehr als 3 Provokationstest mit einem positiven Ergebnis nach intraartikulärer Injektion. Laslett et al. 2003 errechneten für mindestens 3 positive Provokationstest eine Sensitivität von 0,91, eine Spezifität von 0,78 und eine positive LR von 4,16 und in einer Folgestudie (Laslett et al. 2005) eine Sensitivität von 0,94, eine Spezifität von 0,78 und eine positive LR von 4,29. Zudem könne ein ISG-Schmerz ausgeschlossen werde, wenn kein Test positiv ist. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei van der Wurff et al. 2006 (Sensitivität 0,85, Spezifität 0,79, LR+ 4,02).

Die beiden neuesten Studien fanden wiederum keine positive Korrelation zwischen klinischen Tests und dem Ergebnis der intraartikulären Injektion. Schneider et al. 2020b fanden bei mindestens 5 positiven Tests eine positive LR von lediglich 1,26. Ohne positiven Test sei die Diagnose eines Facettengelenkschmerzes aber sehr unwahrscheinlich. Mekhail et al. 2021 fanden keine Vorhersagbarkeit des Ergebnisses der Injektion durch klinische Tests. Allerdings findet

sich eine gute Sensitivität, so dass bei negativen klinischen Provokationstests Injektionen vermieden werden könnten.

Das systematische Review mit Meta-Analyse von Saueressig et al. 2021 mit Auswertung nach GRADE-Kriterien zeigte, dass eine Kombination mehrerer klinischer Tests keine ausreichende Test-Genauigkeit zur Diagnose eines ISG-Schmerzes ergibt (Meta-Analyse: Sensitivität 0,83 (0,62–0,93), Spezifität 0,59 (0,36–0,79), Falsch-positiv Rate 0,41 (0,21–0,64), positive LR 2,13 (1,2–3,9)). Negative Tests können ein ISG-Schmerz mit großer Wahrscheinlichkeit ausschließen.

Die Details zu den genannten Studien finden sich in dem Dokument „Evidenztabellen“.

Existierende Leitlinien

Die Consensus-Guidelines von Cohen et al. 2020a und von Hurley et al. 2021/2022 empfehlen, die Wahl des Levels an der HWS und LWS anhand des Muskelhartspanns bei der Untersuchung und anhand von Schmerzkarten auszuwählen.

Die Leitlinien der American Society of Pain and Neuroscience (ASPN, Lee et al. 2021) empfehlen für das ISG 6 Provokationstests. Ist keiner dieser Tests positiv, könne das ISG als Schmerzursache ausgeschlossen werden.

Empfehlungen und Statements

Die Evidenz der Literatur bezüglich der Diagnose von Facettengelenkschmerzen der HWS durch die klinische Untersuchung ist kontrovers. Es gibt keine pathognomonischen Untersuchungen, durch die sich ein Facettengelenkschmerz mit ausreichender Sicherheit diagnostizieren lässt.

1.1	Statement	Stand (2023)
	Es gibt keine Symptome oder klinischen Untersuchungen, die für das Vorliegen eines zervikalen Facettengelenkschmerzes pathognomonisch sind.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen et al 2007b, Schneider et al. 2014	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Mehrere Studien konnten für die HWS die Schmerzkarten bestätigen, die Hinweise auf den betroffenen Level geben.

1.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Schmerzkarten und die Ergebnisse der segmentalen klinischen Untersuchung **sollten** zur Identifizierung der Level an der HWS zur Austestung herangezogen werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Dwyer at al. 1990, Fukui et al. 1996, Cooper et al. 2007	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Auch die Evidenz der Literatur für die LWS zeigt, dass es keine pathognomonischen Untersuchungen gibt, durch die sich ein Facettengelenkschmerz mit ausreichender Sicherheit diagnostizieren lässt. Die Literatur ist kontrovers, Versuche spezifische Kriterien herauszuarbeiten, die typisch sind, konnten in Nachfolgestudien nicht bestätigt werden.

1.3	Statement	Stand (2023)
	Es gibt keine Symptome oder klinischen Untersuchungen, die für das Vorliegen eines lumbalen Facettengelenkschmerzes pathognomonisch sind. Eine schwache Korrelation zu einem positiven Ergebnis einer Testblockade besteht bei paravertebralem Schmerz und Muskelhartspann.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Revel et al. 1992, Revel et al. 1998, Schwarzer et al. 1994b, Schwarzer et al. 1995b	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Lediglich ein Muskelhartspann könnte zusammen mit den Ergebnissen von Anamnese und Untersuchung für die Bestimmung des Levels wichtig sein.

1.4	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Die Ergebnisse der segmentalen klinischen Untersuchung **sollten** zur Identifizierung der Level an der LWS zur Austestung herangezogen werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen et al. 2007a, DePalma et al. 2011b	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Der klinischen Untersuchung des ISG mit Provokationstests wird in der Literatur eine große Bedeutung beigemessen, wobei vor allem die Kombination mehrerer Tests in manchen Studien die Diagnose eines ISG-Schmerzes sehr wahrscheinlich sein lässt. Allerdings wurden diese Ergebnisse in neueren Studien angezweifelt, so dass insgesamt eine widersprüchliche Evidenz besteht für die Diagnose eines ISG-Schmerzes durch klinische Tests.

1.5	Statement	Stand (2023)
	Die Evidenz ist widersprüchlich, ob die Kombination mehrerer klinischer Provokationstests (≥ 3 Tests) in der Lage ist, das Ergebnis einer intraartikulären ISG-Injektion vorherzusagen.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Laslett et al. 2003, van der Wurff et al. 2006, Schneider et al. 2020b, Mekhail et al. 2021	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Für negative klinische Testergebnisse existiert Evidenz, dass ein ISG-Schmerz unwahrscheinlich ist.

1.6	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇓**	Beim Fehlen von positiven Provokationstests **sollte keine** Testblockade am ISG durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Laslett et al. 2003, van der Wurff et al. 2006, Schneider et al. 2020b, Mekhail et al. 2021, Saueressig et al. 2021	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

5. Bildgebung

5.1. Frage 2: Gibt es eine Korrelation zwischen Befunden der Bildgebung und dem Ergebnis einer RF-Denervation?

Häufig wird bei chronischen Schmerzen der Wirbelsäule eine Bildgebung veranlasst. Pathologien der Facettengelenke und des ISG sind in unterschiedlichen Modalitäten erkennbar. Es stellt sich die Frage, ob die Bildgebung für die Diagnose relevant ist. Für eine RF-Denervation ist es zudem wichtig, ob sich aus den bildgebenden Befunden eine Korrelation zum Ergebnis der Austestung mittels Medial Branch Block oder zum Ergebnis der RF-Denervation ableiten lässt, also ob die Bildgebung einen prädiktiven Wert hat.

Evidenz von Studien

Röntgen:

Bereits seit den 80er Jahren wurde in vielen Studien kein Zusammenhang zwischen den degenerativen Veränderungen im Röntgenbild und Schmerzen der HWS oder LWS gesehen (Heller et al. 1983, Gore et al. 1987, Rudy et al. 2015).

Computertomographie (CT):

Generell ist ein CT gut geeignet zur Darstellung der Facettengelenke. Dennoch sehen Schwarzer et al. 1995c keinen Wert eines CT zur Diagnose von lumbalen Facettengelenkschmerzen. Sie fanden keine Übereinstimmung der Bildgebung mit Placebo-kontrollierten intraartikulären Injektionen und zudem eine schlechte Interobserver-Übereinstimmung. Einen geringen diagnostischen Wert zur Diagnose eines ISG-Schmerzes fanden Elgafy et al. 2001, die eine Sensitivität von nur 57,5 % und eine Spezifität von nur 69 % berechnet haben. Hechelhammer et al. 2007 haben die Korrelation zwischen dem Ergebnis CT-gesteuerter zervikaler periartikulärer oder intraartikulärer Facettenblockaden mit der Schmerzlinderung untersucht. Es fand sich keine Korrelation ($p = 0,49$). Bei Le Clec'h et al. 2016 wurden CT-gesteuerte periartikuläre zervikale Injektionen in Level mit degenerativen Veränderungen in der Bildgebung mit Injektionen in Level, die nach klinischem Tastbefund ausgewählt wurden, verglichen. Nach einem Monat war die Gruppe nach Palpation nicht signifikant besser ($p = 0,1$). Morishita et al. 2008 fanden keine Assoziation zwischen Nackenschmerzen und hypertrophen Veränderungen im CT.

Magnetresonanztomographie (MRT):

Die Korrelation von MRT-Befunden mit dem Ergebnis von kontrollierten Medial Branch Blocks und einer RF-Denervation an der LWS wurden von Stojanovic et al. 2010 untersucht. Es fand sich eine positive Korrelation mit dem Ergebnis der Medial Branch Blocks, nicht jedoch mit dem Ergebnis einer RF-Denervation. Auch Cohen et al. 2007a und Cohen et al. 2007b fanden keine Korrelation von MRT-Befunden mit den Ergebnissen einer RF-Denervation an der HWS oder LWS. Für das ISG gibt es keine Studie, die MRT-Befunde mit Injektionsergebnissen

vergleicht (Schneider et al. 2019). Es wird von einer sehr geringen Spezifität des MRT in Bezug auf ISG-Schmerzen ausgegangen, da sich auch bei gesunden Probanden häufig Veränderungen (z. B. Ödem im Knochen) finden (Varkas et al. 2018). Allerdings ist das MRT zur Diagnostik eine ankylosierenden Spondylitis von großer Bedeutung (Weber et al. 2010).

SPECT/CT:

Zwei Studien haben die Ergebnisse einer Knochenszintigraphie mit intraartikulären Injektionen am ISG verglichen (Slipman et al. 1996 und Maigne et al. 1998). Beide Studien fanden eine sehr niedrige Sensitivität (13 % bzw. 46 %) bei hoher Spezifität (100 % bzw. 90 %).

Dolan et al. 1996 haben Injektionen bei SPECT positiven und SPECT negativen Patienten verglichen und nach einem Monat signifikant bessere Ergebnisse in der SPECT positiven Gruppe erhalten. Nach 6 Monaten waren die Ergebnisse nicht mehr signifikant. Ebenfalls zeigten Pneumaticos et al. 2006 nach 1 und 3 Monaten, nicht aber nach 6 Monaten, signifikant bessere Ergebnisse bei Injektionen in SPECT positive Gelenke im Vergleich zu SPECT negativen Gelenken oder Injektionen ohne vorherige Bildgebung. Zudem konnte die Zahl der injizierten Gelenke durch SPECT reduziert werden. Auch Koh et al. 2011 fanden signifikant mehr Responder auf einen Medial Branch Block im Ultraschall bei SPECT positiven Patienten im Vergleich zu 5 SPECT negativen Patienten.

Entgegengesetzte Ergebnisse fanden sich bei Matar et al. 2013. Sie haben die Inzidenz einer Facettengelenksaktivität im SPECT/CT und die Korrelation der Aktivität mit dem Klinischen Befund untersucht. Die Inzidenz an der HWS betrug 52 %, jedoch nur bei 12,5 % fand sich eine Korrelation mit dem klinischen Befund. An der LWS betrug die Inzident 70 % bei 38 % Korrelation. Auch eine Korrelation der im SPECT/CT aktiven Facettengelenke mit den unabhängig von der Bildgebung behandelten Etagen und Seiten einer Facettengelenksinjektion bzw. eines Medial Branch Block wurde von Lehmann et al. 2014 untersucht. Die Ergebnisse waren in 70 % der Fälle diskrepant. Eine signifikant bessere Schmerzreduktion bei Interventionen an der HWS in SPECT positiven Leveln fanden Nolan 3rd et al. 2022.

Zwei randomisierte, kontrollierte Studien zeigen widersprüchliche Ergebnisse. Jain et al. 2015 fanden signifikant mehr Responder nach einem Medial Branch Block oder einer intraartikulären ISG-Injektion in der SPECT positiven Gruppe. Die ursprüngliche Diagnose wurde durch die SPECT-Untersuchung bei 58 % der Patienten korrigiert. Hingegen fanden Freiermuth et al. 2015 nur eine mäßige Sensitivität und Spezifität bezüglich Übereinstimmung von SPECT und dem Ergebnis Placebo-kontrollierter Medial Branch Blocks, so dass eine SPECT-Untersuchung nicht zur primären Diagnostik empfohlen wird.

PET/MRT:

Eine sehr kleine Studie mit 10 Patienten (Sawicki et al. 2017) fand signifikant bessere Ergebnisse einer CT-gesteuerten Injektion in die zervikale Gelenkkapsel, wenn das Gelenk mittels positivem 18F-FDG PET/MRI ausgewählt wurde im Vergleich zur Gelenkauswahl mittels klinischer Untersuchung bei negativen 18F-FDG PET/MRI.

Die Details zu den genannten Studien finden sich in dem Dokument „Evidenztabellen“.

Existierende Leitlinien

Die Consensus-Guidelines von Cohen et al. 2020a sehen eine moderate Evidenz, eine SPECT zur Identifizierung schmerzhafter lumbaler Facettengelenke vor einem Medial Branch Block zu nutzen (Grad C, moderate Sicherheit). Für ein CT oder ein MRT wird eine schwache Evidenz zur Identifizierung eines schmerzhaften Facettengelenkes an der LWS angegeben (Grad D, geringe Sicherheit). Die Consensus-Guidelines von Hurley et al. 2021/2022 für die HWS schreiben, dass die aktuelle Evidenz nicht ausreicht, um Schaden und Nutzen einer Bildgebung bezüglich des Erfolgs einer zervikalen Facettenblockade abzuwägen (Grad I). Eine vorhandene Bildgebung sollte für die Planung berücksichtig werden (Grad C, geringe Sicherheit).

Die NICE-Guidelines 2016 empfehlen keine Bildgebung als Voraussetzung für eine RF-Denervation zu fordern.

Die Comprehensive Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP, Manchikanti et al. 2020) sehen keinen Nutzen der Bildgebung zur Identifizierung symptomatischer Facettengelenke aber in Bezug auf die Erkennung anderer wesentlicher Erkrankungen. Für die Verwendung von SPECT wird ein Evidenzlevel III bei schwacher Sicherheit angegeben.

Die North American Spine Society (NASS) 2020 sieht in ihrer Leitlinie hingegen keine ausreichende Evidenz für oder gegen die Verwendung von SPECT zur Diagnose lumbaler Facettengelenkschmerzen (Grad I).

Empfehlungen und Statements

Es besteht keine Evidenz für einen prädiktiven Wert von Röntgen, CT oder MRT in Bezug auf eine RF-Denervation. Widersprüchliche Ergebnisse finden sich für SPECT/CT.

2.1	Statement	Stand (2023)
	Es gibt keine ausreichende Evidenz dafür, symptomatische Facettengelenke oder ein symptomatisches ISG allein mittels bildgebender Verfahren (Röntgen, CT, MRT, SPECT, PET) zu diagnostizieren.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/2023, Manchikanti et al. 2020, NASS 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

2.2	Statement	Stand (2023)
	Bildgebende diagnostische Verfahren haben keinen prädiktiven Wert bezüglich der Ergebnisse von diagnostischen Blockaden (intraartikulär, Medial Branch Block) oder dem Ergebnis einer RF-Denervation.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/2022, Manchikanti et al. 2020, NASS 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

2.3	Statement	Stand (2023)
	Bilddiagnostische Verfahren liefern relevante Informationen zu differentialdiagnostischen Erkrankungen (z. B. Bandscheibenvorfall, ankylosierende Spondylitis, Infekte, Tumoren).	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/2022, Manchikanti et al. 2020, NASS 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

2.4	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Vorhandene Bildgebung **sollte** neben der Anamnese und dem klinischen Untersuchungsbefund bei der Entscheidung, welche Level behandelt werden, berücksichtigt werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/2022, Manchikanti et al. 2020, NASS 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6. Diagnostische Blockaden

6.1. Frage 3: Ist es notwendig, vor diagnostischen Blocks konservative Therapie durchgeführt zu haben, wie lange?

Die Therapie chronischer Rückenschmerzen besteht häufig aus unterschiedlichen Komponenten wie medikamentöse Therapie und physikalische Maßnahmen, die individuell auf den Patienten abgestimmt werden müssen. Nackenschmerzen und Lumbalgien sind häufig innerhalb von wenigen Wochen rückläufig (Vasseljen et al. 2013). Daher wird typischerweise mit weniger invasiven Therapien begonnen, erst später folgen invasive Maßnahmen. Es muss überlegt werden, zu welchem Zeitpunkt die Austestung eines Facettengelenkschmerzes oder eines ISG-Schmerzes und interventionelle Therapien wie eine RF-Denervation erfolgen sollten bzw. wie lange zuvor eine erfolglose konservative Therapie durchgeführt werden muss.

Evidenz von Studien

Ex existieren keine Studien, die eine RF-Denervation nach zuvor unterschiedlich lang durchgeführten konservativen Therapien vergleichen. Ebenso existiert keine Evidenz für eine RF-Denervation bei akuten Nackenschmerzen oder akuten Lumbalgien. In sämtlichen randomisierten Studien, die eine RF-Denervation mit Sham verglichen haben, war ein chronischer Schmerz und meist auch explizit eine zuvor durchgeführte konservative Therapie ein Einschlusskriterium.

An der HWS waren in den RCTs von Lord et al. 1996b, Wallis et al. 1997 und van Eerd et al. 2021 Schmerzen für mindestens 3 Monate gefordert, bei Stovner et al. 2004 sogar Schmerzen für mindestens 1 Jahr.

Auch an der LWS wurden in den RCTs ausschließlich chronische Schmerzen von mindestens 2 Monaten bei Nath et al. 2008, mindestens 3 Monaten bei Gallagher et al. 1994, Leclair et al. 2001 und van Tilburg 2016a und mindestens 6 Monaten bei van Wijk et al. 2005 und Tekin et al. 2007 gefordert. Van Kleef et al. 1999 haben Patienten mit Schmerzen, die mehr als 1 Jahr anhielten, eingeschlossen und Nath et al. 2008 sogar Patienten mit Schmerzen für mindestens 2 Jahre.

Die Einschlusskriterien für die RCTs am ISG waren ebenfalls entweder 3 Monate anhaltende Schmerzen (van Tilburg et al. 2016b) oder 6 Monate anhaltende Schmerzen (Cohen et al. 2008a, Patel et al. 2012, Mehta et al. 2018).

Die RCTs sind in dem Dokument „Evidenztabellen“ ausführliche inklusive der GRADE-Auswertung aufgeführt.

Existierende Leitlinien

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen als Einschlusskriterium Patienten mit mehr als 3 Monate lange anhaltenden Schmerzen ohne Besserungstendenz nach konservativer Therapie. Die Consensus-Guidelines für die HWS von Hurley et al. 2021/2022 empfehlen mindestens 6 Wochen konservative Therapie vor einer Testblockade an den Facettengelenken (Grad C). Eine Grad B Empfehlung wird für mindestens 3 Monate konservative Therapie gegeben. Auch die Consensus-Guidelines für die LWS von Cohen et al. 2020a empfehlen vor einer Facettengelenksintervention eine mindestens dreimonatige konservative Therapie (Grad C). Auch die NICE-Guidelines 2016 empfehlen eine RF-Denervation nur bei Patienten mit chronischen Schmerzen. Drei Monate anhaltende Schmerzen ohne Ansprechen auf eine konservative Therapie sind auch die Empfehlungen zum Einschluss von Patienten für einen Medial Branch Block in den Comprehensive Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP, Manchikanti et al. 2020) (Level II).

Empfehlungen

Die Literatur und die vorhandenen Leitlinien sprechen für eine RF-Denervation und damit auch für eine Austestung erst nach nicht erfolgreicher konservativer Therapie. Da keine vergleichenden Studien bezüglich unterschiedlicher Zeiträume existieren, wird keine zeitliche Empfehlung gegeben. Bei Patienten mit einer chronischen Schmerzstörung bedarf es einer sorgfältigen Indikationsstellung (Arnold et al. 2014).

3.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **A ⇑⇑**	Vor einer Austestung der Facettengelenke und einer RF-Denervation **soll** eine chronische Schmerzsymptomatik bestehen.	
Qualität der Evidenz: **moderat** ⊕⊕⊕○	Bogduk 2013, Hurley et al. 2021/2022, Cohen et al. 2020a, Manchikanti et al. 2020, NICE-Guidelines 2016	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

3.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **EK**	Bei Patienten mit Verdacht auf eine chronischen Schmerzstörung mit somatischen und psychischen Faktoren bedarf es vor einer Intervention einer interdisziplinären Abklärung.	
	Konsensstärke: Konsens (87,5 %)	

6.2. Frage 4: Sind Medial Branch Blocks zur Diagnose eines Facettengelenkschmerzes geeignet?

Die Spinalnerven C1 bis C8 zweigen sich auf in einen Ramus meningeus, einen Ramus anterior, der den Plexus zervikobrachialis bildet und in einen Ramus posterior. Der Ramus posterior C1 ist rein motorisch, deshalb existiert kein Dermatom C1. Der Ramus posterior aus C2 bildet den N. occipitalis major. Der Ramus posterior C3 bildet zwei Rami mediales, einen tief liegenden, der entsprechend den Rami mediales der weiter caudal liegenden Level verläuft, und einen oberflächlichen Ast, der das Facettengelenk Hw2/3 innerviert und als „Third occipital nerve“ (TON) die Musculi semispinales capiti versorgt und die Haut über der Suboccipitalregion (Bogduk 1982). Die Rami posteriores C4 bis C8 verzweigen in einen Ramus lateralis und einen Ramus medialis (Medial Branch). Der Ramus medialis versorgt die Nackenmuskulatur aber auch die Facettengelenke mit jeweils einem aufsteigenden und einem absteigenden Ast, so dass jedes Facettengelenk von zwei Rami mediales versorgt wird (das Facettengelenk Hw5/6 vom Ramus medialis C5 und vom Ramus medialis C6). Bei einer diagnostischen Testblockade muss in Höhe Hw2/3 lediglich der TON adressiert werden, an den Gelenken Hw3/4 bis Hw7/Bw1 müssen jeweils zwei Rami mediales blockiert werden (Bogduk 2013).

An der LWS existiert ebenfalls ein Ramus posterior, aus dem in Höhe L1 bis L4 der Ramus medialis entspringt, der wie an der HWS mit einem aufsteigenden und einem absteigenden Ast zwei Facettengelenke versorgt. Allerdings ist die Nummerierung anders: Das Gelenk Lw4/5 wird vom Ramus medialis L3 und Ramus medialis L4 versorgt. Eine Besonderheit besteht bezüglich des Ramus dorsalis L5, welcher direkt das Facettengelenk Lw5/Sw1 versorgt, nicht der Medial Branch, der aus dem Ramus dorsalis L5 entspringt. Für eine diagnostische Testblockade müssen demnach zwei Rami mediales adressiert werden, bzw. für das Gelenk Lw5/Sw1 der Ramus medialis L4 und der Ramus dorsalis L5. Tran et al. 2022 fanden in ihren aktuellen anatomischen Studien jedoch heraus, dass eventuell auch das Gelenk Lw5/Sw1 vom Ramus medialis L5 und nicht vom Ramus dorsalis L5 versorgt wird.

In dieser Leitlinie werden die Bezeichnungen Medial Branch und Medial Branch Block für die Rami mediales C4 bis C8 und die Rami mediales L1 bis L4 aber auch für den TON und den Ramus dorsalis L5 verwendet, ohne dass auf diese Unterschiede jedes Mal explizit hingewiesen wird. Die Leitliniengruppe hat sich für die Verwendung der englischen Bezeichnungen „Medial Branch“ und „Medial Branch Block“ anstelle von „Ramus medialis“ und „Ramus medialis Block“ entschieden, da diese Bezeichnungen auch in der deutschen Literatur üblich sind (Klessinger et al. 2020). Die dorsale Innervation des ISG erfolgt über die Rami laterales, die dementsprechend als „Lateral Branch“ bezeichnet werden.

Eine diagnostische Testblockade der beiden Medial Branches, die ein Gelenk versorgen, führt strenggenommen nicht zu einer Unterbrechung der Schmerzweiterleitung, sondern zu einer Unterbrechung der Nozizeption (Sneddon 2017). Allerdings ist es bei der Auswertung der Testblockade der subjektiv wahrgenommene Schmerz, der relevant ist. Daher wird tatsächlich untersucht, ob ein getestetes Facettengelenk „schmerzhaft“ ist und nicht, ob es „nozieptiv aktiv“ ist.

Die Validität von klinischen Tests wird häufig durch eine Referenzuntersuchung (z. B. Laborwerte, Histologie oder Bildgebung) validiert. Da Schmerzen eine subjektive Wahrnehmung sind, gibt es einen solchen Referenzwert für Medial Branch Blocks nicht. Dennoch wurde die Validität von Medial Branch Blocks nach unterschiedlichen Aspekten untersucht (Bogduk 2022). Face Validity (Augenscheinvalidität) bedeutet, dass ein Medial Branch Block anatomisch korrekt ist und spezifisch nur den Medial Branch erreicht, ohne dass andere Strukturen, die ebenfalls eine Schmerzursache sein könnten, blockiert werden. Face Validity wird erreicht, indem Medial Branch Blocks mit Durchleuchtung und der Verwendung einer sehr kleinen Menge Lokalanästhesie durchgeführt werden. Es kann so sichergestellt werden, dass nur die Zielregion erreicht wird und auch keine vaskuläre Injektion erfolgt, die das Ergebnis verfälschen könnte (Bogduk 2009). Die Konstruktvalidität misst, wie gut der Medial Branch Block zwischen Vorhandensein und Nicht-Vorhandensein des Facettengelenkschmerzes unterscheiden kann (Spezifität, Sensitivität sowie falsch-positive und falsch-negative Ergebnisse). Die Konstruktvalidität kann verbessert werden, wenn Medial Branch Blocks als kontrollierte Blocks oder als vergleichende Blocks mit Placebo oder zwei unterschiedlich lang wirksamen Lokalanästhetika durchgeführt werden.

Zudem kann überlegt werden, ob Medial Branch Blocks prognostisch, prädiktiv oder diagnostisch sind. Prognostisch bedeutet, dass eine Vorhersage über den zu erwartenden Krankheitsverlauf getroffen werden kann (Schmerzreduktion). Prädiktiv meint, dass der Therapieeffekt vorhergesagt werden kann (Wirksamkeit einer RF-Denervation). Ein diagnostischer Test würde eine bestimmte Sicherheit (diagnostic confidence) über die Diagnose Facettengelenkschmerz geben.

Engel et al. 2014 haben versucht, die Frage der diagnostischen Validität philosophisch zu beantworten. Zunächst wird von Engel et al. 2014 nach *Plausibilität* gefragt, also ob es biologisch möglich ist, durch Applikation von Lokalanästhesie an einen Nerven Schmerzen zu nehmen. Dann wird untersucht, ob das Konzept auch *experimentell* in gesunden Probanden funktioniert, also ob ein Medial Branch Block vor Facettengelenkschmerzen schützen kann. Der nächste Punkt ist, dass ein Medial Branch Block Target-*spezifisch* ist, dass also die Weiterleitung im Medial Branch vollständig blockiert wird, aber keine anderen Strukturen betäubt werden. Es muss durch einen Medial Branch Block ein *Effekt* (vollständige Schmerzreduktion des Index-Schmerzes) erzielt werden können, dessen *Dauer* zum ausgewählten Lokalanästhetikum passt; der Schmerz muss also nach einer bestimmten Zeit zurückkommen. Zudem ist *Konsistenz* wichtig: ein zweiter Block muss genauso wirksam sein, wir der erste und bei *Kontrolle* mit Placebo sollte keine Wirkung eintreten. Zudem müssen die Ergebnisse auch durch andere Untersucher *reproduzierbar* sein. Anhand dieser Überlegungen wird eine große Validität erreicht bei Verwendung kleiner Mengen Lokalanästhesie, die zu einer 100 % Schmerzreduktion des Index-Schmerzes für eine begrenzte Dauer führen und am besten Placebo-kontrolliert wiederholt werden. Dadurch entsteht eine große diagnostische Sicherheit.

In Studien an gesunden Probanden konnte nachgewiesen werden, dass Facettengelenke Schmerzgeneratoren sein können (Dwyer et al. 1990) und auch, dass ein lumbaler Medial Branch Block vor Facettengelenkschmerzen schützt (Kaplan et al. 1998). Ebenso wurde am

Kadaver (Dreyfuss et al. 1997) und am Patienten (Barnsley & Bogduk 1993) gezeigt, dass sich das Kontrastmittel spezifisch am Medial Branch und nicht an benachbarten Strukturen verteilt. Daher wird in dieser Leitlinie von diagnostischen Medial Branch Blocks gesprochen. Wie groß die diagnostische Sicherheit tatsächlich ist, muss aus den Angaben der Prävalenz, Sensitivität und Spezifität entsprechender Studien errechnet werden.

Evidenz von Studien

Ein systematischer Review (Sehgal et al. 2005, Sehgal et al. 2007) hat sich mit dem diagnostischen Nutzen von Medial Branch Blocks beschäftigt. Es wurde eine „strong Evidenz“ (Grad II) für kontrollierte, vergleichende Medial Branch Blocks an der LWS und HWS bescheinigt. Eingeschlossen wurden Studien mit Patienten, die länger als 3 Monate Schmerzen hatten und bei denen Injektionen unter Durchleuchtung durchgeführt wurden, die auf falsch-positive Ergebnisse hin untersucht wurden (vergleichend, Placebo-kontrolliert). Mehr als 50 % Schmerzreduktion wurde als Erfolgskriterium festgesetzt. Einmalige Medial Branch Blocks hatten eine Häufigkeit falsch-positiver Ergebnisse von 27 bis 63 % an der HWS und von 17 bis 47 % an der LWS.

Existierende Leitlinien

In den SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) werden Medial Branch Blocks als diagnostischer Test vor einer RF-Denervation gefordert. Die Consensus-Guidelines von Cohen at al. 2020a für die LWS und von Hurley et al. 2021/2022 sprechen hingegen von prognostischen Testblockaden.

Statement

4.1	Statement	Stand (2023)
	Medial Branch Blocks sind als Testblockade vor einer RF-Denervation geeignet.	
Qualität der Evidenz: **moderat** ⊕⊕⊕○	Bogduk 2009, Engel et al. 2014, Sehgal et al. 2007	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6.3. Frage 5: Sind Medial Blocks besser als intraartikuläre/perikapsuläre Blocks zur Diagnose eines Facettengelenkschmerzes geeignet?

Der Begriff „Facettenblockade“ wird häufig für Injektionen in das Facettengelenk verwendet. Entweder wird tatsächlich in den Gelenkspalt injiziert oder zumindest in die Gelenkkapsel. Hiervon unterschieden wird der „Medial Branch Block“, bei dem die beiden das Gelenk

versorgenden Nerven mit Lokalanästhesie blockiert werden. Vor einer RF-Denervation muss gesichert werden, dass das Facettengelenk tatsächlich die Schmerzursache ist. Die Diagnose eines Facettengelenkschmerzes wird mittels Lokalanästhesie des Facettengelenks gesichert. Es existieren Studien, die behaupten, dass beide Techniken (intraartikulär/perikapsulär und Medial Branch Block) gleichwertig seien (Boswell et al. 2015). Diese Vermutung basiert aber auf zwei kleinen Studien (Nash 1990, Marks et al. 1992), bei denen die Injektionen nicht mit dem Ziel einer Austestung für eine RF-Denervation durchgeführt wurden.

Für einen intraartikulären oder perikapsulären Block spricht, dass die Injektion direkt an dem betroffenen Gelenk durchgeführt werden kann (van Zundert et al. 2012). Hingegen müssen bei einem Medial Branch Block Injektionen an zwei Stellen, nämlich an beiden das Gelenk versorgenden Medial Branches, erfolgen (van Zundert et al. 2012). Für einen Medial Branch Block spricht, dass der diagnostische Test an der gleichen Struktur, nämlich dem Medial Branch, durchgeführt wird, wie auch die RF-Denervation. Zudem ist ein Medial Branch Block technisch einfacher durchzuführen und weniger schmerzhaft als eine intraartikuläre Injektion, welche eine technische Fehlerrate von 29–38 % pro Gelenk und von 46–94 % pro Prozedur hat (Lynch & Taylor 1986; Cohen at al. 2018). Hingegen wird bei 85 % der Medial Branch Blocks ausschließlich der Nerv selektiv erreicht (Dreyfuss et al. 1997).

Evidenz von Studien

Es existieren 3 Studien, die den Vorhersagewert von Facettenblockaden mit Medial Branch Blocks vergleichen. Eine Case-Control Studie von Cohen et al. 2015 hat intraartikuläre Injektionen (mit Lokalanästhesie und Kortison) mit Medial Branch Blocks (ausschließlich Lokalanästhesie) verglichen. Es wird eine signifikant höhere Erfolgsrate der RF-Denervation nach Medial Branch Blocks im Vergleich zu einer intraartikulären Injektion berichtet (70,3 % versus 60,8 %). In einer RCT von Birkenmaier et al. 2007 mit 26 Teilnehmern fand sich in der Gruppe der Patienten mit Kryotherapie (Indirekte Evidenz) nach Medial Branch Block (1 ml Lokalanästhesie) ein signifikant niedrigeres Schmerzniveau 3 Monat nach Intervention verglichen mit Kryotherapie nach perikapsulärer Injektion (2 ml Lokalanästhesie), nicht jedoch nach 6 Monaten. Kategorische Daten wurden nur in Bezug auf die Frage, ob der Patient den Eingriff nochmals durchführen lassen würde, berichtet. Hier fand sich kein signifikanter Unterschied beider Gruppen. Eine RCT von Cohen at al. 2018 hat 229 Patienten in 3 Gruppen randomisiert: Intraartikuläre Injektion von Lokalanästhesie und Kortison, Medial Branch Block nur mit Lokalanästhesie und Injektion mit Kochsalz. Nur Patienten mit einem kurzanhaltenden Effekt nach Medial Branch Block oder intraartikulärer Injektion wurden mit einer RF-Denervation behandelt. 3 Monate nach RF-Denervation berichteten 23 (51 %) der Patienten nach intraartikulärem Block und 27 (56 %) der Patienten nach Medial Branch Block von einem positiven Ergebnis. Nach 6 Monaten waren es 14 (31 %) und 20 (42 %) Patienten. Die Ergebnisse sind nur im Vergleich mit der Kochsalzgruppe signifikant unterschiedlich, nicht im Vergleich intraartikulär/Medial Branch Block.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der beiden RCTs und der Case-Control-Studie aufgeführt. Wegen indirekter Evidenz, selektiven Endpunkten

und geringer Patientenzahl wurde die Qualität der RCTs als niedrig beurteilt. Die Case-Control-Studie wurde wegen Inkonsistenz als sehr niedrige Qualität beurteilt.

Existierende Leitlinien

In einem Review randomisierter Studien kommen van Zundert et al. 2012 zu dem Ergebnis, dass intraartikuläre Injektionen nicht empfohlen werden können, um ein positives Ergebnis einer RF-Denervation vorherzusagen. Das „Greater Manchester EUR Policy Statement on Facet Injections“, 2019 veröffentlicht vom UK's National Health Service in Greater Manchester, schreibt vor, dass alle Patienten, bei denen eine RF-Denervation in Frage kommt, mit einem Medial Branch Block diagnostiziert werden sollten (Greater Manchester Combined Authority 2019). Auch die NICE-Guidelines 2016 empfehlen eine RF-Denervation nur nach Medial Branch Block. Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen, dass zur Diagnose eines Facettengelenkschmerzes keine intraartikulären Injektionen, sondern Medial Branch Blocks durchgeführt werden sollten (SIS Practice Guidelines, Bogduk 2013). Die Consensus-Guidelines von Cohen at al. 2020a empfehlen für die LWS ebenfalls die Durchführung von Medial Branch Blocks vor einer RF-Denervation (Grad C, mäßige Sicherheit).

Empfehlung

Nur die Case-Control-Studie nicht aber die RCTs fanden signifikante Unterschiede zwischen Medial Branch Blocks und intraartikulärer/perikapsulärer Infiltration in Bezug auf das Ergebnis einer RF-Denervation bei niedriger Evidenz. Allerdings empfehlen alle vorhandenen Leitlinien die Durchführung von Medial Branch Blocks vor einer RF-Denervation.

5.1	Empfehlung	Stand (2022)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Zur Testblockade vor einer RF-Denervation **sollten** Medial Branch Blocks durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	van Zundert et al. 2012, Greater Manchester EUR Policy Statement on Facet Injections 2019, Bogduk 2013, Cohen et al. 2020a	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6.4. Frage 6: Welche diagnostischen Blocks sollten am ISG vor einer Denervation erfolgen?

Als Schmerzursache kommt das ISG-Gelenk in Frage, aber auch der posteriore Bandapparat (Schneider et al. 2019). Intraartikuläre Injektionen adressieren das Gelenk, Ziel einer RF-Denervation am ISG sind hingegen die sakralen Lateral Branches und der Ramus lateralis L5, die für die dorsale Innervation des Gelenkes, aber auch für die Innervation der Gelenkkapsel

und der dorsalen Bänder zuständig sind. Das Gelenk wird zusätzlich von ventral innerviert; der obere ventrale Teil des Gelenks hauptsächlich vom ventralen Ast des Spinalnerven L5, der untere ventrale Teil erhält seine Hauptinnervation aus S2 oder von Ästen aus dem Sakralplexus (Cox et al. 2017).

Die genaue dorsale Innervation ist komplex und bleibt kontrovers diskutiert. Eine Innervation von S1 bis S3 ist typisch, allerdings fand sich nur in manchen Studien eine Innervation ausgehend zusätzlich von S4 und L5. Die Nervenäste versorgen die Muskulatur nicht segmental, sondern bilden ein feines Netzwerk (posterior sacral network, Steinke et al. 2022). Roberts et al. 2014 zeigten in einer Kadaverstudie eine Innervation der dorsalen ISG-Anteile durch die S1 und S2 Nervenwurzeln zu 100 %, durch S3 in 88 %, durch L5 in 8 % und durch S4 in 4 %. Der Lateral Branch von L5 verbindet sich häufig mit dem sakralen Netzwerk. Steinke et al. 2022 bestätigen die Gelenkinnervation von ventral und die Innervation der dorsalen Strukturen, stellten jedoch fest, dass die Äste des dorsalen Netzwerkes das Gelenk nicht erreichen. Aus den Lateral Branches S1 bis S3 entstehen die mittleren Nervi cluneales, die die Haut über einem Teil des Musculus gluteus maximus versorgen (Roberts et al. 2014).

Stout et al. 2018 haben an Kadavern die Anatomie der Lateral Branches in Bezug auf eine ideale Sondenposition untersucht und Positionen für eine RF-Sonde festgelegt, bei denen nur 3 % der Lateral Branches am Foramen S1, 1 % am Foramen S2 und 0 % am Foramen S3 nicht erreicht werden. Eine Denervation des Lateral Branch L5 ist zusätzlich notwendig.

Testblockaden vor einer RF-Denervation werden teilweise als intraartikuläre Blocks und teilweise als Lateral Branch Blocks durchgeführt. So wie an der HWS und LWS das Ziel der Testblockade und das Ziel der RF-Denervation identisch sind (Medial Branch), wäre es am ISG naheliegend, einen Lateral Branch Block als Testblockade durchzuführen. Gebräuchlicher in den klinischen Studien sind allerdings bisher intraartikuläre Blocks.

Bei intraartikulären Testblockaden wird nicht die Zielstruktur einer RF-Denervation (Lateral Branch) getestet. Die dorsalen Schmerzgeneratoren (Bandapparat) sind nicht eingeschlossen in den Test. Ein weiterer Schwachpunkt intraartikulärer Injektionen als diagnostischer Test ist die fehlende Spezifität. Fortin et al. 1999 konnten bei Arthrographien des ISG nachweisen, dass bei 61 % der Gelenkinjektionen Kontrastmittel außerhalb des Gelenks nachweisbar war (dorsale Foramina, Recessus superior nahe des L5-Spinalnerven, ventral Richtung Plexus lumbosacralis). In der Kadaverstudie von Stelzer et al. 2019 fand sich nach Injektion von rotem Latex eine ausschließliche Lokalisation innerhalb des Gelenkes nur bei 50 % der Gelenke unter Durchleuchtung (5 % der Gelenke bei Ultraschall-Führung). Bei den anderen Patienten fand sich Injektat in den dorsalen Ligamenten oder intravenös.

Werden Lateral Branch Blocks als Testblockade verwendet, so ist der Lateral Branch sowohl das Ziel der Testinjektion als auch der RF-Denervation. Allerdings sind die Anteile des Gelenks, die von ventral innerviert werden, nicht im Test eingeschlossen. Nur zwei primäre Studien haben Lateral Branch Blocks untersucht (King et al. 2015). In einer doppel-blinden, randomisierten Studie an Freiwilligen konnten Dreyfuss et al. 2008 zeigen, dass nur 40 % der Probanden durch eine „single-site, single depth“ Injektion an die Lateral Branches vor

Provokationsschmerzen durch intraartikuläre Volumengabe geschützt wurden. Nur bei 36 % der Gelenken wurden die Zielnerven erreicht. Somit sind „single-site, single-depth“ Injektionen nicht für diagnostische oder prognostische Zwecke geeignet. In einer ebenfalls doppelblinden, randomisierten, Placebo-kontrollierten Folgestudie wurde eine „muti-site, multi-depth“-Technik entwickelt. Dreyfuss et al. 2009a injizierten entweder Lokalanästhesie oder Kochsalz an den Medial Branch L5 und die Lateral Branches an verschiedene Stellen um die Foramen mit anschließender Stimulation der dorsalen Bänder und der Gelenkkapsel. 70 % der Patienten mit Lokalanästhesie aber nur 10 % der Patienten der Kontrollgruppe verspürten keinen Schmerz. Eine anatomische Untersuchung zeigte, dass 91 % der Lateral Branches mit dieser Technik erreicht wurden. Vorobeychik et al. 2022 stellten fest, dass alle Patienten nach positiven Lateral Branch Blocks und erfolgreicher RF-Denervation des ISG Hypästhesien im Versorgungsgebiet der Nervi cluneales aufwiesen. Es wurde gefolgert, dass das Fehlen von Hypästhesien auf eine inadäquate Technik hindeutet. Es ist somit eine klinische Kontrolle der Qualität von Lateral Branch Blocks und einer RF-Denervation am ISG möglich.

Evidenz von Studien

In einem systematischen Review mit Auswertung nach den GRADE Methoden fanden Kennedy et al. 2015a eine falsch-positiv Rate von diagnostischen intraartikulären Blocks von 19–22 %. Bei 4–20 % der Patienten in der ausgewerteten Literatur war es anatomisch nicht möglich, eine intraartikuläre Injektion durchzuführen. Die Prävalenz für einen ISG-Schmerz in dieser Studie nach vergleichenden intraartikulären Blocks mit hoher Schmerzreduktion betrug 20–30 % bei Patienten mit Verdacht auf einen ISG-Schmerz.

Drei RCTs (Cohen et al. 2008a, Tilburg et al. 2016b, Mehta et al. 2018) haben sich mit der RF-Denervation am ISG im Vergleich zu Sham beschäftigt nach intraartikulären Testblockaden. Unterschiedliche Sonden (konventionell, cooled-RF, Biopolar) für die Denervation wurden verwendet. Nur eine RCT (Patel et al. 2012) nutze zwei Testblockaden an den Lateral Branch vor der RF-Denervation (cooled-RF L5–S3). Vergleicht man die RCTs mit intraartikulärer Testblockade mit der RCT mit Lateral Branch Blocks, so gibt es nur 2 gemeinsame Endpunkte, nämlich NRS- und ODI-Veränderungen nach 3 Monaten. Signifikante Veränderungen finden sich nach Lateral Branch Block, nicht aber für ODI-Veränderungen nach intraartikulärer Testblockade und inkonsistent für NRS-Veränderungen nach intraartikulärer Testblockade.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der RCTs aufgeführt. Die Qualität der Evidenz wurde wegen teils geringer Patientenzahl, fehlender Verblindung, heterogenen Ergebnissen und hohem Loss-to-follow-up als niedrig bzw. sehr niedrig beurteilt.

Existierende Leitlinien

Die Leitlinien der American Society of Pain and Neuroscience (ASPN, Lee et al. 2021) empfehlen die Durchführung von diagnostischen Lateral Branch-Blockaden mit „multi-side, multi-depth“ Technik. Die North American Spine Society (NASS) 2020 empfiehlt eine RF-Denervation

am ISG nach zwei intraartikulären Testblockaden. Studien bezüglich Lateral Branch Blocks seien notwendig.

Das Review von Schneider et al. 2019 schlägt vor, zunächst eine therapeutische intraartikuläre ISG-Injektion durchzuführen und bei ausbleibendem Erfolg einen Lateral Branch Block bezüglich einer RF-Denervation. Auch in der RCT von Cohen et al. 2018 waren intraartikuläre, therapeutische Injektionen vor der diagnostischen Testinfiltration möglich.

Empfehlungen

Nach aktuellem Wissen scheint es sinnvoll zu sein, einen Gelenkschmerz von einem Schmerz der dorsalen (Band-)Strukturen zu unterscheiden. Intraartikuläre Injektionen testen und behandeln eher den Gelenkschmerz (z. B. ankylosierende Sakroiliitis), eine RF-Denervation der Lateral Branches behandelt eher Schmerzen der dorsalen Strukturen. Im Vergleich zur Austestung mittels Lateral Branch Blocks und anschließender RF-Denervation ist eine (therapeutische) intraartikuläre Injektion weniger invasiv, weshalb damit begonnen werden kann. Bei Nicht-Ansprechen kommt dann die Austestung der dorsalen Strukturen mittels Lateral Branch Block in Frage.

6.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **0 ⇔**	Als primäre (therapeutische) Intervention bei ISG-Schmerzen **kann** eine intraartikuläre Injektion durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Schneider et al. 2019	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **0 ⇔**	Zur Austestung vor einer RF-Denervation am ISG **kann** eine intraartikuläre Injektion mit Lokalanästhesie dienen.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Cohen et al. 2008a, van Tilburg et al. 2016b, Mehta et al. 2018	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6.3	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Zur Austestung vor einer RF-Denervation am ISG **sollten** „multi-site, multi depth“ Lateral Branch Blocks durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Dreyfuss et al. 2009a, Lee et al. 2021	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6.5. Frage 7: Welche Medikamente sind für eine Testblockade sinnvoll?

Für Testblockaden an den Medial Branch (HWS, LWS) oder an den Lateral Branch (ISG) werden Lokalanästhetika verwendet. Teilweise wird die Verwendung verschieden lang wirksamer Lokalanästhetika propagiert. In manchen Studien wird zusätzlich ein Kortison-Präparat eingesetzt. Zudem stellt sich die Frage, ob die Gabe von Kontrastmittel notwendig ist.

Weiterhin ist das verwendete Volumen wichtig, um die Zielstruktur (Medial Branch, Lateral Branch) sicher zu erreichen aber spezifisch zu bleiben, also nicht zusätzlich weitere mögliche Schmerzgeneratoren auszuschalten.

Am ISG werden intraartikuläre Injektionen häufig nicht nur als diagnostische Testblockade, sondern in therapeutischer Absicht durchgeführt. Typischerweise wird dann ein Lokalanästhetikum mit Kortison kombiniert (Aranke et al. 2022). In einer aktuellen Kohortenstudie (Young et al. 2022) z. B. 1–2 ml Lidocain 1–2 % oder Bupivacain 0,25–0,5 % mit 1 ml/40 mg Triamcinolon.

Evidenz von Studien

Lokalanästhetikum

Um die Zahl der Falsch-positiven Ergebnisse zu verringern, werden Medial Branch Blocks oft mehrfach durchgeführt. Entweder mit dem gleichen Lokalanästhetikum, dann spricht man von kontrollierten Medial Branch Blocks oder mit zwei verschieden lang wirksamen Lokalanästhetika, dann spricht man von vergleichenden Medial Branch Blocks. In diesem Fall wird einmal mit einem lang wirksamen (z. B. Carbostesin) und einmal mit einem kurz wirksamen Lokalanästhetikum (z. B. Lidocain) gearbeitet. Unter strengen Testbedingungen ist der Medial Branch Block nur als positiv zu werten, wenn der Patient eine mit der Wirkdauer des Lokalanästhetikums übereinstimmende Dauer der Schmerzreduktion angibt.

Allerdings konnte die pharmakologische Wirkdauer der Lokalanästhetika in einer klinischen Studie nicht bestätig werden. Schneider et al. 2022 haben die Schmerztagebücher von Patienten mit ≥ 80 % Schmerzreduktion nach Medial Branch Blocks mit Carbostesin oder Lidocain ausgewertet und festgestellt, dass die mittlere Dauer einer Schmerzreduktion um mindestens 80 % bei Carbostesin 19,2 Stunden betrug und bei Lidocain 12,2 Stunden (kein signifikanter

Unterschied). Das Konzept der vergleichenden Medial Branch Blocks wird mit dieser Studie in Frage gestellt.

Volumen

Betrachtet man die vorhandenen RCTs RF-Denervation versus Sham, so wurden unterschiedliche Volumina für die Medial Branch Blocks verwendet: 0,3 ml bei Tekin et al. 2007, 0,5 ml bei Lord et al. 1996b und Stovner et al. 2004 an der HWS, 0,75 ml bei van Kleef et al. 1999 und 1,0 ml bei Nath et al. 2008.

Cohen et al. 2010a haben 0,5 ml mit 0,25 ml Volumen bei Medial Branch Blocks verglichen und (nicht-signifikant) weniger aberrante Kontrastmittelverteilungen bei geringerem Volumen gesehen. Unterschiede in der Schmerzreduktion beider Gruppen gab es nicht.

An Kadavern haben Wahezi et al. 2018 an der LWS die Verteilung von 0,25 ml und 0,5 ml Injektat verglichen. In beiden Gruppen wurde der Medial Branch ausreichend umspült, allerdings gab es bei 0,5 ml Injektat eine Verteilung in der Muskulatur und in distalen Ästen des Ramus dorsalis, weshalb für einen spezifischen Medial Branch Block 0,25 ml Volumen empfohlen wurde. Ähnliche Ergebnisse im Vergleich von 0,25 ml und 0,5 ml konnten Wahezi et al. 2019 auch für die HWS zeigen.

Kontrastmittel

In einer Kadaverstudie mit nachfolgenden Injektionen an die Medial Branches von Probanden von Dreyfuss et al. 1997 wurde die Kontrastmittelversteilung bei unterschiedlichen Punktionsorten im CT untersucht. Es wurde gefolgert, dass die Gabe von Kontrastmittel vor der Injektion von Lokalanästhesie notwendig ist, damit die Testblockade spezifisch für den Medial Branch Block ist. Kennedy et al. 2016 haben die Häufigkeit intravasaler Injektionen bei Medial Branch Blocks untersucht. Kontrastmittel intravasal wurde bei 19 % der Medial Branch Blocks festgestellt. Ohne Kontrastmittel ist es nicht möglich, intravasale Medikamentenverteilung zu erkennen und eine Verteilung der Medikamente an andere Strukturen außer dem Medial Branch zu vermeiden. Die möglichen Nebenwirkungen (Allergien) von Kontrastmittel sind zu berücksichtigen.

Existierende Leitlinien

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen die Verwendung von lang- und kurzwirksamen Lokalanästhetika mit vergleichenden Medial Branch Blocks. Es sollte nicht mehr als 0,5 ml verwendet werden, 0,3 ml sei ausreichend. Kontrastmittel wird unter Live-Durchleuchtung empfohlen.

Die Consensus-Guidelines von Cohen at al. 2020a empfehlen für einen Medial Branch Block an der LWS weniger als 0,5 ml Gesamtvolumen zu verwenden (Grad C, geringe Sicherheit). Die Consensus-Guidelines von Hurley et al. 2021/2022 empfehlen für die HWS sogar weniger als 0,3 ml Gesamtvolumen (Grad C, geringe Sicherheit). Beide Leitlinien empfehlen die Verwendung von Kontrastmittel unter Live-Durchleuchtung.

Die British Pain Society hat technische Leitlinien (Eldabe et al. 2020) basierend auf Expertenmeinung herausgegeben, in denen Levobupivacain empfohlen wird.

Die Comprehensive Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP, Manchikanti et al. 2020) empfehlen die Verwendung von weniger als 0,5 ml für Medial Branch Blocks.

Empfehlungen

Es gibt Hinweise in der Literatur, dass die klinische Wirksamkeit der Lokalanästhetika nicht der zu erwartenden Wirkdauer entspricht. Vorteile eines bestimmten Wirkstoffes finden sich nicht.

7.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **0 ⇔**	Für eine diagnostische Testblockade **kann** sowohl ein kurz- als auch ein langwirksames Lokalanästhetikum verwendet werden.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Schneider et al. 2022	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Ein möglichst kleines Volumen sollte verwendet werden, die Unterscheidung zwischen 0,3 und 0,5 ml kann in der Praxis schwierig sein.

7.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Das verwendete Volumen für einen Medial Branch Block **sollte** weniger als 0,5 ml betragen.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen at al. 2010a. Wahezi et al. 2018, Wahezi et al. 2019	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Ohne Kontrastmittel fehlt die Spezifität des Testblockes und vermehrt falsch-negative Ergebnisse durch intravenöse Injektionen sind möglich.

7.3	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Für einen diagnostischen Medial Branch Block **sollte** Kontrastmittel verwendet werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Dreyfuss et al. 1997, Kennedy et al. 2016	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6.6. Frage 8: Welche Schmerzreduktion nach einem therapeutischen Block wird als positiv gewertet?

Da ein Medial Branch Block die Schmerzweiterleitung unterbricht, wäre die ideale Antwort auf eine Testblockade eine komplette Schmerzfreiheit (Engel et al. 2016, Bogduk 2009), wobei nur der Schmerz zu berücksichtigen ist, der von den Facettengelenken ausgeht (Indexschmerz). In den in der Literatur vorhandenen Studien wurde sowohl 100 % Schmerzreduktion des Indexschmerzes als positive Antwort auf einen Testblock gewertet, es existieren aber auch andere Schwellenwerte, wie 80 %, 75 %, 70 % oder 50 % Schmerzreduktion. Da eine therapeutische Schmerzreduktion um 50 % als substanzielle Verbesserung (Dworkin et al. 2008) betrachtet wird, wird dieser Wert häufig auch für eine diagnostische Testblockade verwendet.

Es ist davon auszugehen, dass strenge Testkriterien (100 % Schmerzreduktion) zu besseren Ergebnissen der nachfolgenden RF-Denervation führen. Allerdings wird es Patienten mit falsch-negativen Testblockaden geben, denen bei diesen strengen Kriterien die eventuell wirksame Therapie vorenthalten würde. Gerne wird für einen Schwellenwert von 50 % argumentiert mit der Begründung, dass ein maximaler Zugang zur Therapie („maximize acces to care“) wichtig sei, auch wenn dadurch weniger gute Ergebnisse der RF-Denervation zu erwarten sind. Eine noch geringere Schmerzreduktion spricht gegen das Vorliegen eines Facettengelenkschmerzes. Wird sich für einen mittleren Schwellenwert (z. B. 75 %) entschieden, so bleibt unklar, wie Patienten mit einer Schmerzreduktion zwischen 75 % und 100 % nach einer Testblockade weiterbehandelt werden sollten; ein Facettengelenkschmerz ist möglich, eine RF-Denervation aber nicht indiziert.

Evidenz von Studien

Eine Reihe von Studien haben das Ergebnis einer RF-Denervation in Abhängigkeit von unterschiedlichen Schwellenwerten für die Schmerzreduktion nach einem Medial Branch Block untersucht. Cohen et al. 2013b haben in einer prospektiven Studie 50 % als Schwellenwert gewählt, aber auch Patienten, die weniger als 50 % Schmerzreduktion nach dem Medial Branch Block angaben, aber mit der Schmerzreduktion zufrieden waren, mit einer RF-Denervation behandelt. Dies waren allerdings nur 6 Patienten. Die Erfolgsrate war 58,2 % bei dem

Schwellenwert ≥ 50 % und 17 % bei < 50 %, allerdings ist der Unterschied auf Grund der kleinen Fallzahl nicht signifikant.

Zwei Studien haben einen Schwellenwert von ≥ 80 % mit einem Schwellenwert zwischen 50 und 80 % verglichen. Cohen et al. 2008b fanden keinen signifikanten Unterschied im Erfolg der RF-Denervation. Manchikanti et al. 2010 gaben 51 % versus 89,5 % Erfolg in beiden Gruppen an, dieser Unterschied ist signifikant, allerdings wurden unterschiedliche Therapieformen (RF-Denervation und therapeutische Facettenblockaden) angewendet.

Ein Schwellenwert von 100 % wurde mit einem Schwellenwert von 70–100 % bzw. 80–100 % in drei Studien (HWS und LWS) untersucht (Holz & Sehgal 2016, Burnham et al 2020, Burnham et al. 2022b). In allen Studien war der Unterschied nach RF-Denervation nicht signifikant.

Derby et al. 2012 haben 10 % Schritte der Schwellenwerte untersucht und fanden bei einem Medial Branch Block einen signifikanten Unterschied ab 80 % Schwellenwert und bei 2 Medial Branch Blocks bei 70 %. Derby et al. 2013a haben 10 % Schritte der Schwellenwerte nach Kosteneffektivität untersucht und bei einem Schwellenwert von 70 % eine Kostenersparnis festgestellt.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der Vergleichsstudien aufgeführt. Die Qualität der Evidenz dieser Studien wurde mit niedrig bzw. sehr niedrig beurteilt, da unterschiedliche Therapien angewendet wurden, nicht alle Patienten bekamen eine RF-Denervation. Teilweise war nur eine Studie vorhanden mit kleinen Patientenzahlen.

Existierende Leitlinien

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen idealerweise 100 % Schmerzreduktion des Indexschmerzes als positives Ergebnis eines Medial Branch Block zu verwenden, mindestens aber 80 %.

Die Consensus-Guidelines von Cohen at al. 2020a empfehlen ≥ 50 % Schmerzreduktion als positiv zu werten (Grad B, moderate Sicherheit), ebenfalls auch die Consensus-Guidelines von Hurley et al. 2021/2022 für die HWS (Grad C, niedrige bis moderate Sicherheit). Höhere Schwellenwerte werden bei einem Schleudertrauma empfohlen.

Die Comprehensive Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP, Manchikanti et al. 2020) empfehlen einen Schwellenwert von ≥ 80 % für die LWS (Level I bis II, moderate bis strenge Empfehlung) und für die HWS ≥ 80 % oder 100 % Level II moderate Empfehlung.

Die North American Spine Society (NASS) 2020 sieht in ihrer Leitlinie keine Evidenz für oder gegen 50 % Schwellenwert.

Empfehlung

Die Empfehlung wurde an die aktuellen Consensus-Guidelines angepasst, da in diesen Leitlinien 15 Fachgesellschaften (amerikanisch, europäisch, asiatisch, international) beteiligt waren.

8.1	Empfehlung	Stand (2022)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Eine Schwellenwert von 50 % Schmerzreduktion nach einem Medial Branch Block **sollte** verwendet werden, damit der Testblock als positiv gewertet werden kann.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen at al. 2020a, Hurley et al. 2021/2022	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

6.7. Frage 9: Wie viele diagnostische Blocks sind notwendig vor einer Denervation?

Wie bei jedem anderen Test auch sind bei einem Medial Branch Block falsch-positive und falsch-negative Ergebnisse zu erwarten. Ein falsch-positives Ergebnis nach einem Medial Branch Block bedeutet, dass ein Patient, der keinen Facettengelenkschmerz hat, mit einer RF-Denervation behandelt wird. In so einem Fall kann kein gutes klinisches Ergebnis erwartet werden. Bei einem falsch-negativen Ergebnis nach einem Medial Branch Block wird dem Patienten, obwohl er passende Beschwerden hat, keine RF-Denervation angeboten.

Um die Zahl falsch-positiver Tests zu verringern und damit schlechte klinische Ergebnisse zu vermeiden, kann der Test (der Medial Branch Block) wiederholt werden. In Frage kommen vergleichende Medial Branch Blocks, bei denen (verblindet) zwei verschieden lang wirksame Lokalanästhetika verwendet werden oder bei denen ein Medial Branch Block gegen eine Placebo Injektion kontrolliert wird. Unter strengen Kriterien ist ein vergleichender Block nur positiv, wenn die Wirkung dem verwendeten Medikament entspricht (keine Wirkung bei Placebo bzw. Dauer der Schmerzreduktion passend zur Wirkdauer des Lokalanästhetikums). Werden zwei Medial Branch Blocks mit dem gleichen Medikament durchgeführt, nennt man das kontrollierte Medial Branch Blocks.

Es kann aber auch argumentiert werden, dass es wichtig ist, eine etablierte Therapie möglichst vielen betroffenen Patienten anzubieten („maximise access to care“), weshalb oftmals nur ein Medial Branch Block durchgeführt wird. Eine hohe Spezifität eines Tests sei nur dann relevant, wenn die Therapie risikoreich oder sehr kostenintensiv sei und die Prävalenz niedrig ist, was nicht auf Facettengelenkschmerz und eine RF-Denervation zuträfe. Es wird argumentiert, dass die Kosten alternativer Therapien (Opiate, Chirurgie) bei Patienten nach erfolgloser konservativer Therapie teurer und risikoreicher seien als eine RF-Denervation. In dieser Konstellation

sei ein Test mit hoher Sensitivität wichtig, weshalb nur ein Medial Branch Block durchgeführt werden sollte.

Um eine Empfehlung bezüglich der Anzahl der Medial Branch Blocks vor einer RF-Denervation abzugeben, soll zunächst in der Literatur die Rate der falsch-positiven und falsch-negativen Ergebnisse eines Medial Branch Block bestimmt werden.

Evidenz von Studien

Falsch-positive und Falsch-negative Ergebnisse

Um die Zahl der Falsch-positiven Ergebnisse zu berechnen, werden oft kontrollierte oder vergleichende Medial Branch Blocks verwendet. Die Patienten mit positivem Ansprechen auf den ersten und zweiten Medial Branch Block sind die korrekt diagnostizierten Patienten (r_p). War der erste Medial Branch Block positiv, der zweite Block aber negativ, so werden diese Patienten als falsch-positiv (f_p) gezählt. Demnach sind Patienten nach einem negativen Medial Branch Block und anschließenden positivem Medial Branch Block die falsch-negativen (f_n) und Patienten mit zwei negativen Medial Branch Blocks richtig negativ (r_n). Diese Ergebnisse lassen sich in einer Vierfeldertafel darstellen.

Die Falsch-Positiv Rate ist definiert als Wahrscheinlichkeit, dass bei einem gesunden Patienten (ohne Facettengelenkschmerz) ein Facettengelenkschmerz diagnostiziert wird, also. f_p /(f_p+ r_n). Oftmals wird aber in Studien nach einem ersten negativen Medial Branch Block kein weiterer Medial Branch Block durchgeführt, so dass nicht zwischen falsch-negativ (f_n) und richtig-negativ (r_n) unterschieden werden kann. In manchen Studien wird einfach angenommen, dass alle Patienten mit einem ersten negativen Medial Branch Block ($f_n + r_n$) richtig negativ (r_n) sind (also $f_n + r_n = r_n$). Bei dieser Annahme wird davon ausgegangen, dass es keine falsch-negativen Ergebnisse ($f_n = 0$) gibt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, bei fehlenden Angaben zu falsch-negativ (f_n) und richtig-negativ (r_n) Patienten, nicht die Falsch-Positiv Rate zu berechnen, sondern den Anteil, den die falsch-positiven Tests (f_p) an allen positiven Tests ($f_p + r_p$) haben, also f_p /($f_p + r_p$).

Selbstverständlich sind diese drei unterschiedlichen Rechenarten (1. Falsch-Positiv-Rate, 2. Falsch-Positiv-Rate unter der Annahme, es gäbe keine falsch-negativen Ergebnisse und 3. Anteil der falsch-positiven Tests an allen positiven Tests) nicht direkt vergleichbar.

Die Ergebnisse werden daher getrennt betrachtet. In dem Dokument „Evidenztabellen“ sind die Ergebnisse der Studien inklusive der Daten der Vierfeldertafeln getrennt nach Rechenwegen aufgeführt.

Zwei Studien haben die Falsch-positiv-Rate nach einem 1. Medial Branch Block mit Lidocain und einem 2. Medial Branch Block mit Bupivacain an der LWS berechnet. Bei Schwarzer et al. 1994a beträgt die Falsch-positiv-Rate 38,3 %. Der Anteil falsch-positiver Tests an allen positiven Tests beträgt 68,7 %. Manchikanti et al. 1999 geben eine falsch-positiv-Rate von 40,1 % an, hier beträgt der Anteil falsch-positiver Test an allen positiven Test 33,3 %.

Mehrere Studien haben nur den Anteil falsch-positiver Medial Branch Blocks an allen positiven Medial Branch Blocks berechnet (nicht die Falsch-positiv-Rate). Mit randomisierten Medial Branch Blocks mit Lidocain oder Bupivacain bei Patienten nach Schleudertrauma an der HWS fanden Barnsley et al. 1993a, Barnsley et al. 1995 und Barnsely et al. 1993b 26,8 %, 27,0 % und 40,0 % Anteil. Manchukonda et al. 2007 haben nach nicht-randomisierten Medial Branch Blocks Anteile für die HWS (44,6 %), die BWS (42,1 %) und die LWS (44,7 %) errechnet.

Manchikanti et al. 2002 gehen von der Annahme aus, dass alle Patienten mit einem ersten negativen Medial Branch Block richtig negativ sind und es keine falsch-negativen Patienten gibt. Dann kommen sie auf eine „Falsch-positiv-Rate“ von 40,5 %. Unter der gleichen Annahme berichten Manchikanti et al. 2004 von „Falsch-positiv-Raten“ von 62,6 % für die HWS, 54,8 % für die BWS und 27,1 % für die LWS.

Derby et al. 2013b haben die falsch-negativ-Rate berechnet. Patienten, die einen ersten negativen Medial Branch Block hatten, wurden mit einem zweiten Medial Branch Block ausgetestet. War die Schmerzreduktion nach dem ersten Medial Branch Block < 50 %, betrug die falsch-negativ-Rate 20 %. Bei einer Schmerzreduktion zwischen 50 und 70 % betrug die falsch-negativ-Rate 47 %. Auch aus der Placebo-kontrollierten Studie von Lord et al. 1995 lässt sich die Falsch-negativ-Rate mit 45,8 % berechnen. Sehr viel niedriger ist die berechnete Falsch-negativ Rate bei Schwarzer et al. 1994a (3,7 %) und bei Manchikanti et al. 1999 (0,0 %).

Zwei Studien haben einen Studienablauf mit Placebo-Kontrollierten Medial Branch Blocks durchgeführt, allerdings beinhaltet nur eine Studie eine Randomisierung.

Lord et al. 1995 haben eine randomisierte, doppelblinde Studie mit 3 Medial Branch Blocks an der HWS durchgeführt bei der die Patienten zunächst einen Medial Branch Block mit einem Lokalanästhetikum (lang- oder kurzwirksam, randomisiert) bekommen haben. Bei dem 2. Medial Branch Block wurde randomisiert zwischen Placebo und dem anderen Lokalanästhetikum, der 3. Medial Branch Block wurde mit dem verbliebenen Medikament durchgeführt. Sechzehn der 50 Patienten hatten eine positive Antwort auf die Medial Branch Blocks mit Lokalanästhesie, die mit der erwarteten Wirkdauer übereinstimmte (positive Antwort). Allerdings haben 3 dieser Patienten auch positiv auf die Placebo-Injektion reagiert (falsch-positiv), so dass der Anteil der falsch-positiven Medial Branch Blocks 19 % aller positiven Medial Branch Blocks entspricht.

In der nicht-randomisierten Studie von Rocha et al. 2014 an der LWS bekamen alle Patienten zunächst eine Injektion mit Placebo. 17 der 104 Patienten gaben eine Schmerzreduktion an, was einem Placebo-Anteil von 13,3 % entspricht. Bei den übrigen Patienten wurde ein Medial Branch Block durchgeführt. Es wurde davon ausgegangen, dass das Lokalanästhetikum eine zeitlich begrenze Wirkung hat. Patienten mit zunächst positivem Ansprechen aber nicht wiederkehrendem Schmerz nach 3 Monaten wurden als falsch-positive Antwort gewertet. Dies waren nach 3 Monaten 36 Patienten (41 % der Patienten mit Medial Branch Block). Nicht berücksichtigt wurde in dieser Studie, dass ein nach drei Monaten nicht mehr vorhandener Schmerz auch andere Gründe als einen falsch-positiven Block (zwischenzeitlich andere Therapie, natürlicher Krankheitsverlauf) haben kann.

Anzahl Medial Branch Blocks

Vergleicht man die RCTs RF-Denervation versus Sham, die entweder einen oder mehr als einen Medial Branch Block als Einschlusskriterium verwendet haben, so finden sich nur einzelne Studien pro Endpunkt mit geringen Patientenzahlen mit mehr signifikant besseren Ergebnissen, wenn mehr als eine Medial Branch Block verwendet wurde.

Nur eine randomisierte Studie hat das Ergebnis einer RF-Denervation nach unterschiedlich vielen Medial Branch Blocks untersucht. Cohen et al. 2010b haben 151 Patienten in drei Gruppen eingeteilt, die eine RF-Denervation ohne vorherige Austestung, nach einem positiven Medial Branch Block oder nach 2 vergleichenden Medial Branch Blocks bekommen haben. Nach 3 Monaten zeigen sich die besten Ergebnisse nach 2 Medial Branch Blocks (33 % Erfolg versus 39 % versus 64 %), allerdings sind die Ergebnisse nicht signifikant unterschiedlich. Drei weitere Studien haben ohne Randomisierung Patienten mit einem oder mehr als einem Medial Branch Block untersucht (Stojanovic et al. 2010, Derby et al. 2012, Cohen et al. 2015). Die Ergebnisse nach 2 Medial Branch Blocks waren nicht signifikant besser als nach einem Medial Branch Block.

Sherwood et al. 2022 haben untersucht, ob die Patienten, die nach einem ersten positiven Medial Branch Block einen zweiten Medial Branch Block bekommen, automatisch ohne weitere Selektion eine RF-Denervation angeboten bekommen und somit der 2. Medial Branch Block unnötig sei. Sie konnten zeigen, dass durch beide Medial Branch Blocks Patienten gefiltert wurden. Die Verwendung von zwei Medial Branch Blocks mit ≥ 80 % Schmerzreduktion als Einschlusskriterium führte zu halb so vielen RF-Denervationen im Vergleich zu einem Medial Branch Block mit ≥ 80 % Schmerzreduktion.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ sind die ausführliche GRADE-Auswertung der RCTS und der Vergleichsstudien aufgeführt. Für die RCTs mit mindestens zwei Medial Branch Blocks besteht eine moderate bis niedrige Qualität der Evidenz, da teilweise nur eine Studie den Endpunkt untersucht hat und es heterogene Patientengruppen gab. Die RCTs mit nur einem Medial Branch Block erreichten eine niedrige oder sehr niedrige Qualität auf Grund von hohem Loss-to-follow-up, unklarer Randomisierung und Verblindung und Konfoundern. Die Qualität der vergleichenden Studien wurde als sehr niedrig eingestuft wegen fehlender Randomisierung, hohem Loss-to-follow-up und heterogenen Patientengruppen.

Existierende Leitlinien

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen die Durchführung kontrollierter Medial Branch Blocks, idealerweise als vergleichende Medial Branch Blocks. Die Comprehensive Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP, Manchikanti et al. 2020) empfehlen ebenfalls die Durchführung von 2 diagnostischen Medial Branch Blocks.

Die NICE Guidelines (National Institute for Health and Care Excellence 2016) empfehlen hingegen einen einzelnen Medial Branch Block vor einer RF-Denervation. Ebenso wird mit der Begründung „maximize access to care“ auch nur ein Medial Branch Block in den Consensus-

Guidelines von Cohen at al. 2020a für die LWS (Grad C, niedrig bis moderate Sicherheit) und Hurley et al. 2021/2022 für die HWS (Grad B, niedrige bis moderate Sicherheit) empfohlen.

Empfehlung

Die Evidenz und die vorhandenen Leitlinien bieten kein klares Bild, ob ein oder zwei Testblockaden besser sind. Um gute Ergebnisse zu erzielen und um eine Überversorgung mit RF-Denervationen zu vermeiden, werden zwei Medial Branch Blocks empfohlen.

9.1	Empfehlung	Stand (2022)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Vor einer RF-Denervation **sollten** in der Regel zwei diagnostische Medial Branch Blocks mit positivem Ansprechen durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Lord et al. 1995, Rocha et al. 2014, Cohen et al. 2010b	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7. Radiofrequenz-Denervation

7.1. Frage 10: Welche Bildgebung wird für die RF-Denervation empfohlen?

Die Kontrolle der Position der Kanüle und der Elektrode mit bildgebenden Verfahren ist ein wesentlicher Bestandteil der RF-Denervation. Vorteile der Verwendung eines bildgebenden Verfahrens sind die größere Präzision der Positionierung der Nadel und die höhere Sicherheit für den Patienten, da Verletzungen benachbarter Strukturen vermieden werden können. Nachteilig sind der größere finanzielle, zeitliche und organisatorische Aufwand durch die bildgebende Maßnahme und bei Verwendung von Röntgenstrahlen die Strahlenexposition des Patienten und des Untersuchers.

Ein Großteil der klinischen Studien und sämtliche RCTs im Vergleich zu Sham sind mit Durchleuchtung (Fluoroskopie, C-Bogen) durchgeführt worden. Neben der Durchleuchtung werden Interventionen an der Wirbelsäule auch im CT durchgeführt. Im CT ist eine höhere Auflösung der Knochenanatomie zu erreichen, zudem sind auch nicht-knöcherne Strukturen zu erkennen bei allerdings höherer Strahlenbelastung (Maino et al. 2018) und höheren Anschaffungskosten. Zudem ist eine Live-Darstellung von intravasalem Kontrastmittel schwierig. Zunehmend wird daher Ultraschall (Sonographie) als bildgebendes Verfahren verwendet, um ohne Strahlenexposition zu arbeiten. Nachteilig für eine RF-Denervation mit konventionellen Sonden im Ultraschall sind der notwendige Einstichwinkel mit Darstellung im „pillar-view“ und der damit verbundene Abstand der Hauteinstichstelle zum Zielpunkt. Daher werden im Ultraschall gerne Sonden verwendet, bei denen ein Zugang rechtwinklig zum Medial Branch möglich erscheint (cooled-RF, Sonde mit 3 aktiven Spitzen). Auch die eindeutige Identifizierung des Levels kann mit Sonographie unsicher sein.

Evidenz von Studien

Computertomographie (CT):

Eine Studie (Nguyen et al. 2017) hat sich mit RF-Denervationen an der HWS mit CT beschäftigt. Es wurde in Sedierung ein lateraler Zugang (rechtwinklig zum Nerven) mit nur einer Läsion gewählt. Angaben zu den Einschlusskriterien (Medial Branch Block) und zur genauen Patientenzahl fehlen, es wird jedoch 70 % Erfolg berichtet, wobei Erfolg nicht näher definiert wurde.

Koizuka et al. 2005 haben in einem Case-report Echtzeit-CT-Fluoroskopie bei 3 Patienten für eine RF-Denervation an der LWS verwendet mit rechtwinkligem Zugang zum Medial Branch. Angaben zu den Einschlusskriterien (Medial Branch Block) fehlen. Eine Kadaverstudie (Feigl et al. 2017) hat die Nadelposition im CT versus Durchleuchtung an 10 Präparaten untersucht. Im CT hatte die Nadel weniger Kontaktfläche zum Medial Branch (3,2 ± 3,2 mm versus 9 ± 1,9 mm unter Durchleuchtung). In 70 % der Fälle lag die Elektrode in der CT zu tief. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass eine CT nicht zur RF-Denervation genutzt werden sollte. In einer Folgestudie (Feigl et al. 2018) wurde an 10 Kadavern die technische Durchführbarkeit einer

parallelen Nadellage mit entsprechendem Einstichwinkel in der CT demonstriert. 54,6 % der Nadel erreichten die Anforderung einer maximalen Parallelität und Nähe zum Medial Branch.

Ultraschall:

Lee et al. 2008 haben die Möglichkeit einer RF-Denervation an der HWS mittels Ultraschalls an 5 Kadavern untersucht. Die Nadelposition wurde bei manchen Präparaten zusätzlich zum Ultraschall unter Durchleuchtung oder CT verifiziert. Es wurde eine RF-Denervation am Kadaver durchgeführt und anschließend wurde der Medial Branch histologisch untersucht. 30 der 34 Denervationen waren histologisch erfolgreich.

In einer klinischen Studie zur RF-Denervation an der HWS haben Siegenthaler et al. 2011 15 Patienten prospektiv untersucht. Bei strengen Einschlusskriterien (vergleichende Medial Branch Blocks unter Durchleuchtung) wurde 80 % Schmerzreduktion bei 87 % der Patienten am Tag 15 und nach 6 Monaten und bei 40 % der Patienten nach 12 Monaten festgestellt. Die mittlere Wirkdauer betrug 44 Wochen. Finlayson et al. 2017 haben die Läsionsform in Abhängigkeit vom Einstichwinkel ex vivo untersucht. Bei Verwendung einer Sonde mit drei aktiven Spitzen fanden sich auch bei rechtwinkligem Zugang, der unter Ultraschall leichter zu realisieren ist, konstante Läsionsgrößen.

Eine Kadaverstudie (Gofeld et al. 2014) hat die Genauigkeit der Nadelposition an der LWS unter Ultraschall bei Verwendung einer cooled-RF Sonde mit rechtwinkligem Zugang untersucht. Bei 6 Kadavern wurde die Sonde auf einer Seite unter Durchleuchtung, auf der anderen Seite unter Ultraschall gesetzt, wobei ein Trokar mit elektromagnetischem Sensor verwendet wurde. Mit Ultraschall wurde eine Genauigkeit von 97 % erreicht. Die Dauer der Intervention war mit beiden Methoden ähnlich.

Burnham et al. 2022a haben eine ISG-Denervation unter Durchleuchtung mit Ultraschall-Assistenz durchgeführt. Einen einzelnen Fall einer erfolgreichen allein mit Ultraschall geführten RF-Denervation am ISG berichten Kokar et al. 2022. Loh et al. 2022 berichten über eine klinische Studie mit 31 Patienten, bei denen mittels RF-Denervation und Ultraschall eine signifikante Schmerzreduktion für bis zu 9 Monate erreicht wurde.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der klinischen Studien aufgeführt. Es existieren keine RCTs, die Qualität der Studien wird mit niedrig bis sehr niedrig beurteilt wegen weniger Patienten, nicht definiertem Endpunkt bzw. unklaren Einschlusskriterien.

Existierende Leitlinien

Die Consensus-Guidelines von Cohen at al. 2020a empfehlen für einen Medial Branch Block an der LWS die Verwendung von CT oder vorzugsweise Durchleuchtung (weniger Kosten, schneller, weniger Strahlung). Ultraschall kommt in Frage bei Patienten, bei denen die Strahlung relevant ist (z. B. Schwangere, Grad B). Für eine RF-Denervation an der LWS wird die Durchleuchtung empfohlen (Grad B). Die Consensus-Guidelines von Hurley et al. 2021/2022

empfehlen für einen Medial Branch Block an der HWS die Durchleuchtung oder Ultraschall (Grad A). Für eine RF-Denervation an der HWS wird Durchleuchtung empfohlen (Grad B).

Empfehlung

Sämtliche RCTs wurden mit Durchleuchtung durchgeführt. Bei höherer Strahlenbelastung und höheren Kosten konnte kein Vorteil in der Verwendung des CT gefunden werden, eine anatomische Vergleichsstudie zeigte häufige Fehlpositionen im CT. Um die Verwendung des Ultraschalls für eine RF-Denervation zu empfehlen, fehlen klinische Daten und Empfehlungen zur Sondenart.

10.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Eine RF-Denervation **sollte** mit Durchleuchtung durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Feigl et al. 2017	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

10.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Die diagnostische Testblockade (Medial Branch Block und Lateral Branch Block) **sollte** mit der gleichen Bildgebung durchgeführt werden, wie später die RF-Denervation.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/2022	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.2. Frage 11: Ist die Größe der Läsion entscheidend für das Ergebnis der Denervation? Wie kann die Läsion vergrößert werden?

Es ist davon auszugehen, dass eine langanhaltende Schmerzreduktion dadurch erreicht werden kann, dass eine lange Strecke des Medial Branch denerviert wird, da es länger dauern wird, bis der Nerv wieder Schmerzimpulse weiterleiten kann (Dreyfuss et al. 2000). Daher wird generell eine größere Läsion angestrebt, da dadurch die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sich der Medial Branch innerhalb der Läsion befindet und über eine lange Stecke koaguliert wird.

Allerdings muss eine Koagulation anderer Nervenäste als dem Medial Branch vermieden werden, weshalb die Läsion nicht unkontrolliert groß sein darf.

Die Größe und Form der Läsion wird beeinflusst durch die Länge der aktiven Spitze, den Durchmesser der Elektrode, die verwendete Temperatur und die Dauer der Denervation. Die Temperatur kann nicht beliebig gesteigert werden, da eine Gasbildung durch Verdampfen von Wasser vermieden werden muss. Experimentell sind diese Parameter ausführlich von Cosman et al. 2014 untersucht worden. Wird die Länge der aktiven Spitze der Nadel von 5 mm auf 10 mm vergrößert, so ändert sich die Größe der Läsion von 6,1 x 7,5 mm auf 6,6 x 12,0 mm. Ändert man den Durchmesser der Nadel von 22 G auf 16 G, wächst die Läsionsgröße von 5,9 x 11,0 auf 9,4 x 13,2 mm. Bei 90 °C ist die Läsion 7,8 x 12,8 mm im Vergleich zu 5,1 x 11,3 mm bei 70 °C. Nach einer Minute hat die Läsion eine Größe von 5,5 x 11,6 mm erreicht, nach 2 Minuten 6,6 x 12,2 mm und nach 3 Minuten 7,2 x 12,2 mm. Auch das Gewebe, welches sich in der Umgebung der Sonde befindet, beeinflusst auf Grund unterschiedlicher Impedanzen die Läsionsgröße (Ball et al. 2014). So fließt mehr Strom in der Muskulatur als in Fettgewebe oder Knochen.

Ein größeres Denervationsgebiet lässt sich auch erreichen durch mehrere Läsionen, die durch leicht unterschiedliche Positionen der Elektrode an einem Medial Branch erzielt werden (Bogduk 2013).

Evidenz von Studien

Nur wenige klinische Studien haben unterschiedliche Parameter miteinander verglichen. Eine klinische Studie von Costandi et al. 2015 hat retrospektiv Ergebnisse von RF-Denervationen mit 80 °C und 90°C verglichen. Patienten mit einer RF-Denervation bei 90 °C hatten eine 3,1x so große Chance auf mind. 50 % Verbesserung (p = 0,0004). Die Chance auf eine vom Patienten berichtete Verbesserung um mind. 75 % war um den Faktor 2,8 besser in der Gruppe mit 90 °C (p = 0,002). Nach welcher Zeit die Nachuntersuchung stattfand, wurde nicht angegeben. Die Dauer der Wirksamkeit wurde anhand der Dauer bis zu einer zweiten RF-Denervation abgeschätzt. Allerdings bekamen nicht alle Patienten eine zweite Denervation. Eine randomisierte Studie von Ertilav et al. 2020 hat Patienten mit RF-Denervationen doppelblind einer von 3 Gruppen zugeordnet mit 90 °C, 50 s. oder 85 °C, 60 s. oder 70 °, 90 s. Nach 6 Monaten fand sich kein signifikanter Unterschied der Schmerzreduktion in allen drei Gruppen, was darauf zurückgeführt wurde, dass in allen drei Gruppen eine ähnliche Menge an Energie verwendet wurde (höhere Temperatur aber kürzere Zeit oder niedrige Temperatur mit längerer Zeit). Die Dauer der Wirkung wurde in dieser Studie nicht untersucht.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der beiden klinischen Studien aufgeführt. Die Qualität der randomisierten Studie ist mäßig bei inhomogenen Patientengruppen. Die Qualität der Beobachtungsstudie ist sehr niedrig wegen unklarer Nachuntersuchungsparameter bzw. unterschiedlicher Therapien.

Existierende Leitlinien

Die Consensus-Guidelines von Cohen et al. 2020a gehen davon aus, dass eine größere Läsion die Wahrscheinlichkeit, den Medial Branch zu veröden, erhöht (Grad C, niedrige Sicherheit). Bei großen Läsionen sollte darauf geachtet werden, keine anderen Strukturen zu schädigen. Als Statement mit geringer Sicherheit wird genannt, dass eine größere Läsion die Dauer der Schmerzreduktion erhöht. Die Consensus-Guidelines für die HWS von Hurley et al. 2021/2022 geben einen Grad C mit geringer Sicherheit an für die Fähigkeit größerer Läsionen, die Dauer der Schmerzlinderung zu verlängern. Für den TON werden multiple Läsionen gefordert.

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen eine Temperatur von 80–85 °C und eine Dauer der Denervation von 60–90 s. Es werden zudem multiple Läsionen (2–3) in Abhängigkeit vom Durchmesser der Elektrode und der Länge der aktiven Spitze empfohlen.

Die British Pain Society hat technische Leitlinien (Eldabe et al. 2020) basierend auf Expertenmeinung herausgegeben, in denen eine 18 G Kanüle mit gebogener 10 mm aktiver Spitze empfohlen wird sowie eine Temperatur von 80 °C für 120 s mit 2 Läsionen pro Nerv.

Die Leitlinien der American Society of Pain and Neuroscience (ASPN, Lee et al. 2021) empfehlen an der HWS und LWS 60–80 °C für 60–90 s. Für das ISG wird bei Verwendung von bipolaren oder konventionellen monopolaren Sonden eine Temperatur von 80 °C für 60–90 s. empfohlen.

Empfehlungen und Statement

11.1	Statement	Stand (2023)
	Es ist davon auszugehen, dass eine größere Läsion zu einer länger anhaltenden Schmerzreduktion führt.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Costandi et al. 2015, Ertilav et al. 2020, Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/22	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Es existiert eine Studie, die deutlich bessere Ergebnisse bei einer höheren Temperatur zeigt, zudem empfehlen die meisten Leitlinien eine Temperatur von mindestens 80 °C.

11.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Eine Temperatur von 75–90 °C **sollte** für die Denervation mit konventionellen Sonden verwendet werden.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	Costandi et al. 2015, Bogduk 2013	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Daten für unterschiedliche Ergebnisse einer RF-Denervation in Abhängigkeit der Dauer gibt es nicht. Daher folgt die Empfehlung den existierenden Leitlinien.

11.3	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **EK**	Es wird eine Dauer der Läsion zwischen 60 und 120 s. bei der Verwendung von konventionellen Sonden empfohlen.	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Daten für unterschiedliche Ergebnisse einer RF-Denervation in Abhängigkeit des Sondendurchmessers gibt es nicht. Daher folgt die Empfehlung den existierenden Leitlinien.

11.4	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **EK**	Ein großer Durchmesser der Kanüle von mindestens 18 G wird bei der Verwendung konventioneller Sonden empfohlen.	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Daten für unterschiedliche Ergebnisse einer RF-Denervation in Abhängigkeit der Länge der aktiven Spitze gibt es nicht. Daher folgt die Empfehlung den existierenden Leitlinien.

11.5	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **EK**	Eine Länge der aktiven Spitze von 10 mm wird für konventionelle Sonden an der LWS und am ISG empfohlen, an der HWS kommt auch eine Länge von 5 mm in Frage.	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Daten für unterschiedliche Ergebnisse einer RF-Denervation in Abhängigkeit der Anzahl der Läsionen pro Level gibt es nicht. Daher folgt die Empfehlung den existierenden Leitlinien.

11.6	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **EK**	Bei der Verwendung von konventionellen Sonden werden mehrere Läsionen pro Medial Branch bzw. Lateral Branch empfohlen.	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.3. Frage 12: Welche Art der Sonde ist vorteilhaft?

Bei monopolaren Sonden verläuft das elektrische Feld zwischen der Neutralelektrode und der nicht-isolierten Sondenspitze. Durch den Größenunterschied entsteht relevante Wärme nur in der Umgebung der aktiven Sondenspitze, nicht aber an der Neutralelektrode.

Die aktive Spitze der Elektrode wurde von manchen Herstellern verändert, um eine größere Läsion zu erzeugen. Es werden Sonden angeboten, bei denen die Elektrode seitlich aus der Kanüle herausgeführt wird, so dass ein „V“ entsteht zwischen Kanüle und Elektrode. Cedeño et al. 2017 konnten zeigen, dass bei solchen Sonden eine größere Läsionsbreite erreicht wird als bei einer konventionellen Sonde. Bei einem weiteren Sondentyp lassen sich drei Elektroden-Arme aus der Kanülenspitze ausfahren. Das Läsionsfeld soll zwischen den 3 Armen entstehen, so dass keine parallele Sondenlage notwendig sei, sondern eine rechtwinklige Sondenlage (ähnlich wie beim einem Medial Branch Block) möglich sei. Die Form und Größe der Läsion abhängig vom Injektionswinkel wurde ex vivo untersucht (Finlayson et al. 2017).

Bei der ebenfalls monopolaren cooled-RF-Denervation wird ein anderer Ansatz verfolgt, um eine größere Läsion zu erzeugen. Die aktive Spitze der Sonde wird durch einen geschlossenen Wasserkreislauf gekühlt, so dass es möglich ist, ein größeres elektrisches Feld und somit mehr Energie einzusetzen, ohne dass es zu einem Temperaturanstieg kommt, der dazu führt, dass im Gewebe Wasser verdampft. Die physikalischen Unterschiede und die Läsionsform- und Größe einer konventionellen Sonde im Vergleich zu einer cooled-RF-Sonde wurden ausführlich untersucht (Ball et al. 2014). Die Läsion bei einer cooled-RF ist eher kugelig und deutlich größer, zudem reicht sie weit über das distale Ende der Sondenspitze hinaus, so dass eine parallele Nadellage nicht notwendig ist und somit ein Zugang rechtwinklig zum Nerven, ähnlich wie bei einem Medial Branch Block, empfohlen wird (Cedeño et al. 2017).

Bei bipolaren Sonden verläuft das elektrische Feld zwischen zwei benachbarten Sonden. Es entsteht bei entsprechend geringem Abstand ein überlappendes Feld zwischen beiden Sonden (Bruners et al. 2008). Der Abstand der Sonden ist für die Geometrie der Läsion entscheidend (Cosman & Gonzales 2011).

Am ISG werden sämtliche Techniken (mono- und bipolar, konventionell oder cooled-RF) teils auch in Kombination verwendet. So kommt z. B. eine konventionelle, monopolare RF-Denervation für den Medial Branch Block L5 zum Einsatz. Auf Grund der variablen Verläufe der Lateral Branches wird oft auch eine cooled-RF-Sonde verwendet, um eine größere Läsion zu erzeugen und um einen rechtwinkligen Zugang zum Lateral Branch zu ermöglichen. Zudem sind

bipolare Techniken sehr gebräuchlich, insbesondere mit der sogenannten Pallisadentechnik, bei denen mehrere Sonden im Abstand von ca. 1 cm parallel zueinander entlang einer Linie am Sakrum angeordnet werden (Cosman & Gonzales 2011). Zudem wird auch eine Sonde mit drei aktiven Bereichen innerhalb einer Elektrode angeboten, die bipolare und monopolare Läsionen kombiniert.

Evidenz von Studien

In sämtlichen RCTs RF-Denervation an der LWS oder HWS versus Sham wurde eine konventionelle monopolare Sonde verwendet.

Zwei Studien haben die Ergebnisse verschiedener Sondentypen für die LWS untersucht. McCormick et al. 2019a haben eine konventionelle Sonde mit einer cooled-RF verglichen, ohne dass sich bezüglich der Schmerzen und bezüglich ODI nach 6 Monaten signifikante Unterschiede ergaben. Deng et al. 2022 haben bei denselben Patienten nacheinander eine RF-Denervation mit konventioneller Sonde oder mit einer Sonde mit drei Armen durchgeführt. Die Ergebnisse bezüglich Schmerzreduktion und Dauer des Effekts waren nicht signifikant unterschiedlich, allerdings war die Durchführung mit der Sonde mit drei Armen signifikant schneller und mit signifikant weniger Strahlenexposition verbunden. In einem systematischen Review mit Meta-Analyse (Shih et al. 2020) fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen konventioneller RF-Denervation und cooled-RF-Denervation bezüglich Schmerzreduktion.

Die RCTs RF-Denervation am ISG versus Sham haben eine konventionelle RF, cooled-RF oder eine Kombination aus konventioneller RF mit cooled-RF oder eine Kombination aus konventioneller RF mit einer Sonde, die über drei aktive Bereiche verfügt und bipolar und monopolar kombiniert, verwendet. Es existieren einige nicht-randomisierte Studien, die jeweils zwei Sondentypen für die Denervation am ISG miteinander verglichen haben. Eine Beobachtungsstudie hat konventionelle Sonden mit cooled-RF verglichen. Cheng et al. 2013b fanden keinen signifikanten Unterschied in der Wirkdauer. Ein systematischer Review mit Einschluss von 9 Studien zum Vergleich dieser Sonden (Maccagnano et al. 2022) fand ebenfalls keinen signifikanten Unterschied in der Schmerzreduktion und in der Verbesserung der Quality of Life. Zwei Studien (Bayerl et al. 2020, Speldewinde 2020) haben eine konventionelle RF-Denervation mit der Verwendung einer Sonde, die über drei aktive Bereiche verfügt und bipolar und monopolar kombiniert, verglichen. Zusammengenommen finden sich für den Endpunkt Erfolg signifikant bessere Ergebnisse für die kombinierte Sonde. Beide retrospektiven Beobachtungsstudien haben hohe Raten an Loss-to-follow-up. Eine klinische Studie (Cheng et al. 2016) fand signifikant bessere Ergebnisse in Bezug auf Schmerzreduktion nach bis zu 12 Monaten, Dauer der Schmerzreduktion, Eingriffsdauer und Strahlenexposition für Patienten mit bipolarer Pallisadentechnik im Vergleich zu cooled-RF-Denervation. Eine Kadaverstudie hat ebenfalls eine bipolare RF-Denervation mit einer cooled-RF-Denervation verglichen (Roberts et al. 2018). 3 verschiedene Positionen von cooled-RF-Sonden und 4 verschiedenen Positionen von bipolaren Sonden wurden untersucht. Die Wahrscheinlichkeit, alle Lateral Branches zu erreichen, war mit der bipolaren Technik besser (62,5–97,5 % versus 2,5–92,5 %). Schließlich hat eine

Studie eine cooled-RF-Denervation mit einer Denervation mit einer Sonde, die über drei aktive Bereiche verfügt und bipolar und monopolar kombiniert, verglichen (Tinnirello et al. 2017). Schmerzreduktion und die Erfolgsquote waren signifikant besser für die Patienten mit cooled-RF-Denervation bei aber längerer Eingriffsdauer.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der Studien, die mehrere Sondentypen verglichen haben, aufgeführt. Eine randomisierte Studie hat eine moderate Qualität wegen fehlender Verblindung. Alle anderen Studien haben eine niedrige oder sehr niedrige Qualität wegen heterogenen Ergebnissen und hohem Loss-to-follow-up.

Existierende Leitlinien

Ohne auf unterschiedliche Sondentypen einzugehen, empfiehlt die North American Spine Society (NASS) 2020 in ihrer Leitlinie, eine cooled-RF bei Patienten mit nachgewiesenen ISG-Schmerzen (Grad C). Die Leitlinien der American Society of Pain and Neuroscience (ASPN, Lee et al. 2021) empfehlen für eine ISG-Denervation eine bipolare Technik oder cooled-RF Sonden.

Statement

12.1	Statement	Stand (2023)
	Eine Empfehlung für oder gegen die Verwendung eines bestimmten Sondentyps kann auf Grund der vorhandenen Evidenz in der Literatur weder für Denervationen an der HWS, LWS noch am ISG gegeben werden.	
Qualität der Evidenz: **sehr niedrig** ⊕○○○	McCormick et al. 2019a, Deng et al. 2022, Cheng et al. 2013b, Bayerl et al. 2020, Speldewinde 2020, Cheng et al. 2016	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.4. Frage 13: Ist die Lage der Sonde zum Nerven (parallel, rechtwinklig) entscheidend?

Aktuell findet man in der Literatur zwei vorherrschende Techniken in Bezug auf die Nadelführung bei einer RF-Denervation, die sich vor allem durch den Winkel, in dem die Elektrode eingeführt wird, unterscheiden. Bei der einen Technik werden (gebogene) Elektroden tangential an den Medial Branch gebracht, so dass ein Kontakt entlang der Längsseite der nicht-isolierten Sondenspitze zum Nerven entsteht. Im Vergleich zum Medial Branch Block ist ein wesentlich flacherer Einstichwinkel für die RF-Denervation notwendig (Tran et al. 2022). Man nennt dies eine *parallele* Nadellage (Gofeld & Faclier 2008). Bei der anderen Technik wird eine Stichrichtung ähnlich wie beim Medial Branch Block verwendet, so dass die Nadelspitze *rechtwinklig* auf den Nerven trifft. Die Länge der nicht-isolierten, aktiven Spitze der Sonde ist dann demnach nicht so relevant (Gofeld & Faclier 2008).

Die parallele Sondenlage wurde entwickelt, da sich bei Versuchen in Muskelgewebe und Eiweiß gezeigt hat, dass das Wärmefeld um die aktive Spitze der Sonde kaum distal von der Sondenspitze zu finden ist, sondern ellipsenförmig um die Längsachse (Bogduk et al. 1987). Es ist nicht klar, wie weit diese ex vivo Experimente die Situation während einer RF-Denervation widerspiegeln, bei der die Nadel Knochenkontakt hat (Eckmann et al. 2015). Allerdings konnte eine Studie, die einen parallele Zugang unter Durchleuchtung mit einem rechtwinkligen Zugang unter CT verglichen hat, zeigen, dass bei paralleler Lage 9 ± 2 mm Kontakt zum Nerven bestand und beim rechtwinkligen Zugang lediglich 3 ± 3 mm (Feigl et al. 2017).

Eine lange anhaltende Schmerzreduktion wird dadurch erreicht, dass eine lange Strecke des Medial Branch denerviert wird, da es länger dauert, bis der Nerv wieder Schmerzimpulse weiterleiten kann (Dreyfuss et al. 2000). Daher kann der Zugang zum Nerven (parallel oder rechtwinklig) und damit die Kontaktfläche zum Nerven für das Ergebnis der RF-Denervation relevant sein. Insbesondere die Dauer der Schmerzreduktion ist in diesem Zusammenhang ein kritischer Endpunkt.

Die Ergebnisse von Studien, die die parallele Technik verwenden sind daher abzugrenzen von den Ergebnissen der Studien mit der rechtwinkligen Technik. Beim Vergleich beider Techniken wird ausschließlich die konventionelle Sonde berücksichtigt, da bei anderen Sondentypen (z. B. cooled-RF) die Verteilung des Wärmefeldes in Bezug auf die Ausdehnung nach distal von der Spitze unterschiedlich ist (Ball 2014).

An der HWS verläuft der Medial Branch um den Gelenkpfeiler herum in einem kurvigen Verlauf (Bogduk 1982). Typischerweise wird ein Zugang von posterior nach anterior und/oder ein posterior-schräger Zugang gewählt. Beim schrägen Zugang sollte die Nadel im anterioren Anteil des Gelenkpfeilers platziert werden, um die Sonde über einen möglichst langen Verlauf in Kontakt mit dem Medial Branch zu bringen (Kweon et al. 2014). Ein Zugang rechtwinklig zum Medial Branch ist eher ungewöhnlich (Cheng et al. 2013a, Engel et al. 2020). Allerdings wir in einer einzelnen Studie auch ein alternativer posterolateraler Zugang, bei dem der Medial Branch auch eher rechtwinklig am Tuberculum posterius adressiert wird, beschrieben (van Eerd et al. 2017).

Evidenz von Studien

Für die HWS existiert eine Untersuchung, die eine parallele Nadellage mit einer rechtwinkligen Lage verglichen hat (Cheng et al. 2013a). Allerdings handelt es sich hierbei um einen Kongressbeitrag, der nur als Abstract vorhanden ist. Eine Veröffentlichung in einem Peer Review Verfahren ist nicht erfolgt. Daten zu der Studie sind nicht vorhanden.

In einer randomisierten Studie mit paralleler Nadel (Lord et al. 1996b) konnte ein deutlicher Vorteil nach RF-Denervation bezüglich Schmerzfreiheit herausgearbeitet werden (moderate Qualität der Evidenz). Unterstützt wird dieses Ergebnis von einem großen systematischen Review (Engel et al. 2020), in dem bei nach vergleichenden Medial Branch Blocks mit 50 % Scherzreduktion für den Endpunkt Schmerzfreiheit eine Erfolgsrate von 59,5 % angegeben wird. Eine randomisierte Studie (van Eerd et al. 2021) mit einem alternativen Zugangsweg

(eher rechtwinklig) versus Sham fand keinen Effekt bezüglich 30 % Schmerzreduktion, Global Impression, Neck Disability Index oder Medikamentenverbrauch. Lediglich die Wirkdauer war nach RF-Denervation signifikant länger.

Nur eine vergleichende Studie hat eine „advanced Australian technique“ (eher parallele Nadellage) mit einer „early Australian technique“ (eher rechtwinkligen Sondenlage) an der LWS verglichen (Loh et al. 2015). Allerdings wird die genaue Position der Nadel nicht beschrieben. Bezüglich Schmerzreduktion fand sich kein signifikanter Unterschied beider Gruppen. Für den kritischen Endpunkt Wirkdauer waren die Ergebnisse bei paralleler Nadellage jedoch signifikant besser (sehr niedrige Qualität der Evidenz). Randomisierte Studien, die an der LWS eine parallele Sondenlage mit Sham verglichen haben, zeigten signifikante Unterschiede bezüglich Schmerzreduktion und ODI-Reduktion nach 6 und 12 Monaten (Tekin et al. 2007, Nath et al. 2008). Hingegen zeigte nur eine randomisierte Studie, die eine rechtwinklige Sondenlage mit Sham verglichen hat, eine Verbesserung der Schmerzen und des ODI nach 2 Monaten, sowie eine erfolgreiche Therapie nach 3, 6 oder 12 Monaten (van Kleef et al. 1999). Alle anderen Studien bezüglich rechtwinkliger Lage versus Sham (van Wijk et al. 2005, van Tilburg et al. 2016a, Juch et al. 2017) konnten für die Endpunkte Schmerzen nach 3, 6 oder 12 Monaten und Global Impression nach 6 Monaten keinen signifikanten Unterschied feststellen. Das systematische Review von Schneider et al. 2020a kommt zu dem Ergebnis, dass eine RF-Denervation mit rechtwinkliger Sondenlage nicht besser ist als eine Placebo-Behandlung. Bei paralleler Nadellage können aber abhängig von den Einschlusskriterien (Medial Branch Block) bessere Ergebnisse als Placebo erwartet werden.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der Studie, die eine parallele Nadellage mit einer rechtwinkligen Nadellage verglichen hat, aufgeführt. Die Qualität ist moderat (nur eine Studie, Konfounder). Zudem findet sich auch die GRADE-Auswertung zu den RCTs und systematischen Reviews mit nur einer Nadellage. Die Qualität schwankt zwischen moderat und sehr niedrig aus unterschiedlichen Gründen.

Existierende Leitlinien

Die Consensus-Guidelines für die HWS von Hurley et al. 2021/2022 empfehlen eine parallele Nadellage über einen posterioren oder schräg-posterioren Zugang für konventionelle Sonden (Grad B Evidenz, niedrige bis moderate Qualität). Die Consensus-Guidelines für die LWS von Cohen et al. 2020a empfehlen ebenfalls eine parallele Sondenlage (Grad B, niedrige Qualität).

Die Leitlinien der American Society of Pain and Neuroscience (ASPN, Lee et al. 2021) empfehlen an der HWS einen sagittalen und einen schrägen Zugang zu wählen, um eine lange Strecke des Nerven zu veröden. Für die LWS wird eine parallele Nadellage gefordert.

Empfehlungen

In der Literatur finden sich bessere Ergebnisse für eine parallele Nadellage, auch die vorhandenen Leitlinien empfehlen eine parallele Nadellage.

13.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **A ⇑**	An der Halswirbelsäule **soll** bei Verwendung einer konventionellen Elektrode eine parallele Nadellage über einen posterioren bzw. schräg-posterioren Zugang ggf. mit einer gebogenen Nadel gewählt werden.	
Qualität der Evidenz: **moderat** ⊕⊕⊕○	Lord et al. 1996b, Engel et al. 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

13.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	An der Lendenwirbelsäule **sollte** bei Verwendung einer konventionellen Elektrode eine parallele Nadellage gewählt werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Loh et al. 2015, Tekin et al. 2007, Nath et al. 2008	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.5. Frage 14: Ist eine sensorische oder motorische Teststimulation notwendig?

Es ist wichtig, die Radiofrequenz-Sonde korrekt in der Nähe des Medial Branch zu platzieren. Zudem sollten Komplikationen durch eine Denervierung benachbarter Nerven (Ramus ventralis, Spinalnerv) vermieden werden. Die Positionierung der Sonde erfolgt durch die Orientierung an den im Durchleuchtungsbild dargestellten anatomischen Strukturen. Es ist aber möglich, dass durch ein physiologisches Feedback mittels sensorischer und/oder motorischer Stimulation zusätzliche Informationen gewonnen werden können, die eine Optimierung der Nadelposition ermöglichen.

Die sensorische Stimulation erfolgt typischerweise mit 50 Hz und einer Reizschwelle von ≤ 0,5 V (Cohen et al. 2007b). Während der Stimulation muss der Patient Rückmeldungen über Dysästhesien und Schmerzen geben. Die Veränderung der Spannung kann verwendet werden, um in allen Ebenen die geringste Reizschwelle und damit die optimale Position der Sonde zu finden. Nur wenig Daten existieren über die Beziehung zwischen sensorischer Reizschwelle und Abstand zum Nerven (Computermodell: Johnson et al. 2007, Tiermodell: Li et al. 2011).

Die motorische Stimulation erfolgt typischerweise mit 2 Hz (Cohen et al. 2007b). Die Stimulation der Musculi multifidi oder andere paraspinaler Muskeln kann für eine korrekte Lage der Sonde sprechen (Dreyfuss et al. 2000), hingegen kann eine distale Muskelkontraktion eine Sondenposition zu nahe am Ramus ventralis anzeigen.

Zu beachten ist, dass die scharfe Spitze der Kanüle eine relativ hohe Stromdichte hat und daher die Nerven besser stimuliert als entlang der Länge der aktiven Spitze. Somit kann eine gute Stimulation mit senkrechten Kanülenplatzierungen erreicht werden, ohne dass dadurch eine gute Läsion vorhergesagt wird. Die Stimulationsschwelle ist abhängig von unterschiedlichsten individuellen Faktoren, wie z. B. einer Polyneuropathie (Marks 1989, Klein et al. 2012). Wurde für eine erste Läsion Lokalanästhesie angewendet, ist eine sensorische Stimulation für die kommenden Läsionen nicht mehr möglich.

Es stellt sich die Frage, ob auf Grund der Ergebnisse einer Stimulation eine im Durchleuchtungsbild anatomisch gute Sondenposition verändert werden sollte.

Evidenz von Studien

In einer prospektiven Studie von Dreyfuss et al. 2000 wurde bei 15 Patienten nach Austestung mit kontrollierten Medial Branch Blocks eine RF-Denervation mit vorheriger motorischer Stimulation (5 Hz, 0,5 V) und Messung der Impedanz durchgeführt. Eine Korrelation der Impedanz oder der Beobachtung von Muskelzuckungen ergab sich nicht. Cohen et al. 2011 haben gezielt den Einfluss der sensorischen Testung auf das Ergebnis der RF-Denervation untersucht. Es fand sich keine signifikante Relation zwischen mittlerer sensorischer Stimulationsschwelle und dem Ergebnis nach RF-Denervation (≥ 50 % Schmerzreduktion nach 3 Monaten, $p = 0{,}63$). Eine retrospektive Studie von Koh et al. 2017 hat die Dauer des Erfolgs nach RF-Denervation in Abhängigkeit von Muskelzuckungen (keine, teilweise, vollständig) nach motorischer Stimulation untersucht. Zwar fand sich eine längere Wirkung in der Gruppe mit vollständigem Muskelzucken, der Unterschied war aber nicht signifikant. Lediglich wenn die motorische Stimulation mit der 1,6fachen Spannung der sensorischen Stimulation durchgeführt wurde, zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p = 0{,}03$).

In einem Fallbericht von Abbott et al. 2007 wird einer L5-Nervenwurzel-Schädigung nach RF-Denervation berichtet. Bei dieser Patientin war eine motorische Stimulation erfolgt, allerdings nur bis maximal 1 V.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der drei Studien, die sich mit Stimulation vor einer RF-Denervation beschäftigt haben, aufgeführt. Die Heterogenität der Ergebnisse der Studien führt zu einer sehr niedrigen Qualität der Evidenz.

Existierende Leitlinien

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013, Saffarian et al. 2023) empfehlen keine sensorische oder motorische Testung, sondern stattdessen eine Lokalisation der Sonde nach anatomischen Landmarken in multiplanarer Durchleuchtung. Insbesondere wird gewarnt vor einer motorischen Stimulation ohne ausreichende Bildgebung. Die Consensus Guidelines von Cohen et al. 2020a und Hurley et al. 2021/22 empfehlen für die HWS und LWS eine sensorische Testung (Grade C, geringe Sicherheit). Eine motorische Testung wird mit Grad B (geringe Sicherheit) empfohlen.

Die British Pain Society hat technische Leitlinien (Eldabe et al. 2020) basierend auf Expertenmeinungen herausgegeben, in denen die sensorische Testung (Schwelle < 2 V) empfohlen wird, jedoch keine motorische Testung. Die Leitlinien der American Society of Pain and Neuroscience (ASPN, Lee et al. 2021) empfehlen an der LWS sowohl eine sensorische als auch eine motorische Testung.

Empfehlung

In vielen Studien wurde eine Stimulation verwendet, auch mehrere Leitlinien empfehlen die Verwendung eine Stimulation. Es gibt aber auch eine Leitlinie, die von einer Stimulation abrät.

14.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **0 ⇔**	Eine sensorische und motorische Stimulation **kann** durchgeführt werden, um zusätzlich zur Orientierung an den anatomischen Landmarken im Durchleuchtungsbild Informationen bezüglich Sicherheit und Nähe der Sonde zum Nerven zu erhalten.	
Qualität der Evidenz: **moderat** ⊕⊕⊕○	Dreyfuss et al. 2000, Cohen et al. 2011, Koh et al. 2017	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.6. Frage 15: Kann eine RF-Denervation wiederholt werden, nach welcher Zeit?

Durch eine RF-Denervation wird der Medial Branch verödet, wodurch die Schmerzweiterleitung aus dem Facettengelenk unterbrochen wird (Klessinger 2013b). Es handelt sich hierbei nicht um ein kuratives Verfahren, da der Nerv regeneriert (Choi et al. 2016). Ein Therapieerfolg von über 12 Monaten wird berichtet (MacVicar et al. 2013). Auf Grund der zeitlich limitierten Wirkung ist es denkbar, dem Patienten eine erneute RF-Denervation anzubieten.

Eine groß angelegte Datenbankerhebung (Starr et al. 2020) von 2007 bis 2016 (MarketScan® Commercial Claims and Encounters Databases for patients covered by employer-sponsored commercial insurance plans from over 150 employers across the US) konnte 44.936 Patienten nach RF-Denervation untersuchen. Es wurde unterschieden, ob eine zweite RF-Denervation innerhalb von 180 Tagen oder später durchgeführt wurde, da ein zweizeitiges Vorgehen aus organisatorischen Gründen (linke und rechte Seite oder unterschiedliche Level) innerhalb von 180 Tagen häufig ist. Eine erneute RF-Denervation nach mehr als 180 Tagen wurde innerhalb des ersten Jahres bei 14,6 %, innerhalb der ersten drei Jahre bei 33,5 % und innerhalb von 7 Jahren bei 45,7 % der Patienten durchgeführt.

Evidenz von Studien

In einem systematischen Review von Smuck et al. 2012 war eine wiederholte RF-Denervation an der HWS bei 88 % der Patienten erfolgreich (5 Studien) und bei 59 % der Patienten an der LWS (2 Studien). Erfolg wurde definiert als mindestens 50 % Schmerzreduktion für mindestens 3 Monate. Die Erfolgsdauer war vergleichbar mit der ersten RF-Denervation.

Weitere Studien bestätigen diese Ergebnisse. Schofferman & Kine 2004, Husted et al. 2008 und Rambaransingh et al. 2010 fanden keine signifikanten Unterschiede in der Schmerzreduktion bei erster, zweiter oder dritter RF-Denervation. Auch die Dauer der Wirkung war nicht signifikant unterschiedlich zwischen erster, zweiter und dritter RF-Denervation (Schofferman & Kine. 2004, Husted et al. 2008, Son et al. 2010 und Kim et al. 2014). Eine Reihe von Beobachtungsstudien zur Wirksamkeit einer RF-Denervation haben ebenfalls mehrfache Anwendungen untersucht. Erwähnt werden soll die prospektive Studie von MacVicar et al. 2013 auf Grund der sehr strengen Einschluss- und Erfolgskriterien. Eine 100 % Schmerzfreiheit nach der ersten RF-Denervation konnte bei 56 % der Patienten für die Dauer von 15 Monaten beobachtet werden, die durchschnittliche Wirkdauer einer wiederholten RF-Denervation war 13 Monate.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch für die Wiederholung einer cooled-RF am ISG beschrieben (Kurklinsky et al. 2020).

Wie vielleicht zu erwarten, war eine zweite RF-Denervation wenig erfolgreich, wenn schon die erste Anwendung keinen Erfolg gezeigt hatte. Das Review von Smuck et al. 2012 gibt für die zweite RF-Denervation nach erfolgloser erster Denervation eine Erfolgsrate von lediglich 38 % an. Lord et al. 1998 fanden nach einem kurzzeitigen Erfolg < 90 Tage nach der ersten Anwendung nur eine Erfolgsrate von 33 % für eine wiederholte Anwendung. War die erste RF-Denervation ohne Erfolg, war die Erfolgsrate der Wiederholung 0 %.

In keiner der ausgewerteten Studien wurde eine erneute Austestung mittels Medial Branch Block vor der wiederholten RF-Denervation durchgeführt.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der Studien, die sich gezielt mit der Wiederholung einer RF-Denervation beschäftigt haben, aufgeführt. Die Qualität der Evidenz ist niedrig, da keine randomisierten Studien existieren.

Existierende Leitlinien

Die NICE Guidelines (National Institute for Health and Care Excellence 2016) empfehlen, bezüglich der Empfehlung zur Wiederholung einer RF-Denervation vorsichtig zu sein, bis mehr Langzeitdaten verfügbar sind. Die Consensus-Guidelines von Cohen et al. 2020a empfehlen eine Wiederholung der RF-Denervation für Patienten, die mindestens drei (oder besser sechs) Monate Erfolg nach der ersten RF-Denervation erfahren haben (Evidenz Grad B, moderate Sicherheit). Auch die Consensus-Guidelines für die HWS von Hurley et al. 2021/2022 empfehlen die Wiederholung nach Ansprechen für mindestens 3 Monate, jedoch nicht häufiger als zweimal pro Jahr (Evidenz Grad B, moderate Sicherheit). Die Leitlinien der American Society

of Pain and Neuroscience (ASPN, Lee et al. 2021) empfehlen an der HWS eine Wiederholung frühestens nach 6 Monaten.

Empfehlungen

Die Evidenz in der Literatur spricht dafür, dass nach erfolgreicher erster Denervation eine Wiederholung ähnlich gute Ergebnisse erwarten lässt.

15.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Nach einer erfolgreichen RF-Denervation mit mindestens 50 % Schmerzreduktion für mindestens 3 Monaten **sollte** bei Wiederauftreten der gleichen Schmerzen eine erneute RF-Denervation angeboten werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Smuck et al. 2012, Starr et al. 2020, Kurklinsky et al. 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Die Erfolgsaussichten einer erneuten Denervation nach nicht erfolgreicher ersten Denervation sind sehr niedrig.

15.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇓**	War eine technisch korrekte RF-Denervation nicht erfolgreich (weniger als 50 % Schmerzreduktion oder kürzer als 3 Monate Wirkung) **sollte keine** erneute RF-Denervation der gleichen Medial Branches durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Smuck et al. 2012, Starr et al. 2020, Kurklinsky et al. 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

Es gibt keine Hinweise in der Literatur, dass eine erneute Austestung bessere Ergebnisse liefert.

15.3	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇓**	Bei Wiederauftreten der gleichen Schmerzen nach erster erfolgreicher RF-Denervation **sollte** vor einer erneuten RF-Denervation **keine** erneute Austestung mittels Medial Branch Block erfolgen.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Smuck et al. 2012, Starr et al. 2020, Kurklinsky et al. 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.7. Frage 16: Müssen Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmer vor einer RF- Denervation abgesetzt werden?

Die Entscheidung, ob Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmer vor einer RF-Denervation abgesetzt oder weitergenommen werden sollten, ist eine Risiko/Nutzen-Abwägung. Die Kanüle für die Denervation wird durch die Haut, die Subcutis und die paraspinale Muskulatur an den Medial Branch vorgeschoben, wo sie am Übergang des Processus articularis mit dem Processus transversus Knochenkontakt hat. Zu keinem Zeitpunkt der Intervention befindet sich die Nadel im Spinalkanal oder im Neuroforamen. Daher ist das Blutungsrisiko einer RF-Denervation nicht vergleichbar mit dem Blutungsrisiko bei epiduralen Injektionen mit interlaminärem Zugang (Smith at al. 2018, Ehsanian et al. 2020, Endres et al. 2020). Anatomisch gesehen besteht bei Fortführen von Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmern ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Hämatomen paraspinal in der Muskulatur oder an der Einstichstelle. Demgegenüber besteht beim Absetzen der Medikamente ein erhöhtes Risiko für thromboembolische Ereignisse.

In der Literatur wurden keine relevanten Blutungskomplikationen nach RF-Denervationen beschrieben (Carr et al. 2016, Endres et al. 2020, Smith et al. 2018, Lee et al. 2022). Demgegenüber finden sich in der Literatur thromboembolische Komplikationen nach Absetzten der Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer. Zwar ist das Risiko eher gering, allerdings sind die Komplikationen schwerwiegend bis hin zum Tod (Endres et al. 2020).

Evidenz von Studien

Mehrere Beobachtungsstudien haben das Risiko von Blutungsereignissen unter Antikoagulantien bzw. Thrombozytenaggregationshemmern untersucht. Goodman et al. 2017 haben bei 74 Patienten mit Medikation 197 Interventionen durchgeführt (davon 3 RF-Denervationen an der HWS und 23 an der LWS) ohne dass ein relevantes Blutungsereignis aufgetreten wäre. Van Helmond et al. 2017 haben bei 467 Patienten mit entsprechender Medikation bei einem Patienten ein Hämatom an der Einstichstelle bei einer RF-Denervation beobachtet. Ehsanian et al. 2020 haben bei 26 zervikalen Medial Branch Blocks, 7 zervikalen RF-Denervationen sowie 66

lumbalen Medial Branch Blocks und 18 lumbalen RF-Denervationen mit Fortführen der Medikation kein Blutungsereignis gesehen.

Endres et al. 2017 haben eine vergleichende Studie durchgeführt, bei der in einer Praxis ein Anwender Interventionen bei Fortführen der Medikation und ein Anwender Interventionen bei Absetzen der Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer durchgeführt hat. Die Studie wurde fortgeführt und erweitert (Endres et al. 2020), so dass insgesamt 9.774 Interventionen ausgewertet werden konnten (davon 5.487 an den Facettengelenken incl. RF-Denervation). Es gab in beiden Gruppen keine Blutungskomplikationen. Nur in der Patientengruppe, die Ihre Medikation abgesetzt hatte, traten teils katastrophale thromboembolische Komplikationen auf (insgesamt bei 9 Patienten, 1 Ereignis nach Medial Branch Block und 1 Ereignis nach RF-Denervation). Das Risiko für ein thromboembolisches Ereignis beträgt 0,48 % (0,2–0,9 %). Ein Myokardinfarkt nach Absetzten von Thrombozytenaggregationshemmern für eine lumbale RF-Denervation wurde von Galbraith et al. 2023 berichtet.

Ein systematischer Review (Smith et al. 2018) mit Auswertung von 120 Studien nach dem GRADE-System konnten nur für epidurale Injektionen mit interlaminärem Zugang teils schwerwiegende Blutungskomplikationen nachweisen. Für Medial Branch Blocks oder RF-Denervationen wurden keine Blutungsereignisse in der Literatur beschrieben, ein 95%-Konfidenzintervall wurde aus den Daten berechnet. Für einen lumbalen Medial Branch Block beträgt das Risiko einer Blutung weniger als 0,3 % unter Antikoagulantien und weniger als 0,4 % unter Thrombozytenaggregationshemmern.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung des Updates der Vergleichsstudie Fortführen versus Absetzen von Antikoagulantien bzw. Thrombozytenaggregationshemmern in Bezug auf Interventionen an den Facettengelenken aufgeführt. Die Qualität der Evidenz ist niedrig, da keine Randomisierung bestand.

Existierende Leitlinien

Die Leitlinie der American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, der European Society of Regional Anaesthesia and Pain, der American Academy of Pain Medicine, der International Neuromodulation Society, der North American Neuromodulation Society und des World Institute of Pain (Narouze et al. 2018) haben die RF-Denervation an der LWS als Prozedur mit niedrigem Risiko eingestuft (wenn diese mit Bildgebung durchgeführt wird), an der HWS mit mittlerem Risiko bezüglich einer Blutungskomplikation. Für Interventionen mit mittlerem Risiko wird empfohlen, über Präparate mit Acetylsalizylsäure nach Risikoabwägung zu entscheiden, Marcumar und neue orale Antikoagulantien abzusetzen. Für Interventionen mit niedrigem Risiko wird kein Absetzen bei Präparaten mit Acetylsalizylsäure empfohlen, jedoch eine Einzelfallentscheidung für orale Antikoagulantien.

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen generell die Medikamente nicht abzusetzen. Es soll aber das Risiko einer Blutung gegenüber dem Risiko einer thromboembolischen Komplikation individuell abgewogen werden, wobei letzteres Risiko als höher eingestuft wird (Smith et al. 2022). Für die HWS wird empfohlen (Saffarian et al. 2021, Lee et al. 2022), vor

einer Intervention die Bildgebung (MRT) bezüglich anatomischer Varianten im Verlauf der Blutgefäße zu untersuchen. Ob Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer abgesetzt werden, soll in einer Einzelfallentscheidung gemeinsam mit dem Patienten eruiert werden, wobei berücksichtigt werden sollte, dass Komplikationen nur in der Gruppe der Patienten nach Absetzten der Medikamente gesehen wurden. Es sollte immer auch erwogen werden, auf eine Intervention an der HWS zu verzichten, wenn das Risiko zu hoch erscheint.

Empfehlungen und Statement

Das Risiko eines Hämatoms als Komplikation ist in der Literatur extrem selten und niedriger als das Risiko eines thromboembolischen Ereignissen bei Absetzen von Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmern. Die Evidenz spricht klar dafür, die Medikamente nicht abzusetzen, dennoch sind die Leitlinien insbesondere an der Halswirbelsäule eher vorsichtig mit der Empfehlung, die Medikamente weiterzunehmen.

16.1	Statement	Stand (2023)
	Es besteht keine Evidenz dafür, dass das Fortführen der Medikation mit Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmern zu einem klinisch relevanten erhöhten Blutungsrisiko führt.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Smith at al. 2018, Ehsanian et al. 2020, Endres et al. 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

16.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇓**	Vor einer RF-Denervation an der LWS oder am ISG **sollten** Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer **nicht** abgesetzt werden, wobei immer eine Einzelfallentscheidung bezüglich des Risikos und des Nutzens wichtig ist.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Narouze et al. 2018, Endres et al. 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

16.3	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Bei einer RF-Denervation an der HWS **sollte** eine individuelle Risiko/Nutzen Abwägung für jeden einzelnen Patienten getroffen werden bezüglich Fortführen oder Absetzen der Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Narouze et al. 2018, Endres et al. 2020, Lee et al. 2022	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.8. Frage 17: Ist eine Sedierung bei einer RF-Denervation sinnvoll?

Es kann überlegt werden, für eine RF-Denervation eine Sedierung zu verwenden bei sehr ängstlichen Patienten, bei unruhigen Patienten oder um mehr Patientenkomfort zu erreichen. Auch zur Prophylaxe von vasovagalen Synkopen wird eine Sedierung angewendet (Kennedy et al. 2015b).

Eine Sedierung bedeutet aber neben dem erhöhten Aufwand auch die Tatsache, dass bei tiefer Sedierung der Patient nicht berichten kann, wenn das Wärmefeld der RF-Sonde zu nahe an den Spinalnerven heranreicht. Daher wird häufig eine „conscious sedation“ verwendet, so dass zu jedem Zeitpunkt eine Kommunikation mit dem Patienten möglich ist und dieser über ungewöhnliche Schmerzen (z. B. radikuläre Schmerzen) oder andere Ereignisse, die darauf schließen lassen, dass eine andere Struktur als der Medial Branch vom Wärmefeld der RF betroffen ist, berichten kann. Die American Society of Anesthesiologists 2019 unterscheidet eine leichte Sedierung (Anxiolyse), eine moderate Sedierung („conscious sedation“), eine tiefe Sedierung, bei der eine Atemwegsintervention notwendig sein kann, sowie eine Vollnarkose.

Schaufele et al. 2011 haben bei 1.228 Interventionen mit Lokalanästhesie und Sedierung und 1.266 Intervention nur mit Lokalanästhesie keine signifikant unterschiedliche Häufigkeit von Komplikationen in den ersten drei Tagen gefunden. Karamnov et al. 2017 berichten allerdings über eine Übersedierung mit Apnoe bei 57,7 % der Patienten mit moderater Sedierung.

Evidenz von Studien

In einer Umfrage mit 500 Patienten (Cucuzzella et al. 2006), die eine Injektion epidural oder an die Facettengelenke bekommen haben, haben vor der Injektion 17 % eine Sedierung erfragt. Für eine zweite Injektion hätten 28 % eine Sedierung gewollt. Kim et al. 2007 haben 301 Patienten eine Sedierung vor Injektionen angeboten. 58 % haben sich wegen Ängstlichkeit für eine Sedierung entschieden. 90 % dieser Patienten waren mit der angstlösenden Wirkung zufrieden. Von den Patienten ohne Sedierung waren 93 % zufrieden, nur 1,5 % hätten doch gerne eine Sedierung gehabt.

Diehn et al. 2013 haben bei transforaminalen, epiduralen Injektionen (indirekte Evidenz) nur bei 0,1 % der Patienten eine Sedierung verwendet. Die Zufriedenheit der nicht-sedierten Patienten lag dennoch bei über 96 %.

Kennedy et al. 2015b haben die Häufigkeit vasovagaler Synkopen mit und ohne Sedierung untersucht. Bei 6.364 Injektionen (davon 214 mit Sedierung) traten 205 vasovagale Reaktionen auf, ausschließlich bei Patienten ohne Sedierung. In der Anamnese war bei 134 Patienten eine vasovagale Reaktion bekannt, bei 21 von 90 Patienten ohne Sedierung kam es erneut zu einer Reaktion aber bei keinem der 44 Patienten mit Sedierung.

Die Details zu den genannten Studien finden sich in dem Dokument „Evidenztabellen“.

Existierende Leitlinien

Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) empfehlen eine Sedierung nicht als Routine und fordern, dass bei einer RF-Denervation der Patient immer ansprechbar ist. Die NICE-Guidelines 2016 scheiben, dass eine RF-Denervation unter leichter Sedierung durchgeführt werden kann. Die Comprehensive Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP, Manchikanti et al. 2020) sagen, dass eine moderate Sedierung genutzt werden kann.

Die American Society of Anesthesiologists 2021 hat ein Statement zur anästhesiologischen Versorgung während schmerztherapeutischer Interventionen herausgegeben. Generell sei eine Lokalanästhesie ausreichend. Wenn eine Sedierung durchgeführt wird, sollte der Patient aber ansprechbar sein, um über Veränderungen der Schmerzen oder über Sensibilitätsstörungen zu berichten. Für die meisten Interventionen wird eine leichte Sedierung empfohlen, bei einer RF-Denervation, bei der der Patient über eine längere Zeit ruhig liegen muss, käme eine moderate Sedierung („conscious sedation“) in Frage.

Empfehlung

Die Empfehlung richtet sich nach der Literatur und den vorhandenen Guidelines.

17.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **0 ⇔**	Eine Sedierung, bei der der Patient ansprechbar ist, **kann** bei einer RF-Denervation durchgeführt werden.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	American Society of Anesthesiologists 2021	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.9. Frage 18: Ist eine RF-Denervation bei Patienten mit Metallimplantaten möglich?

Facettengelenkschmerzen können nach einer Spondylodese-Operation in den Nachbarsegmenten auftreten aufgrund der erhöhten mechanischen Belastung und Degeneration, ggf. aber auch in der operierten Etage bei Restbeweglichkeit (Pseudarthrose). Daher kommt grundsätzlich eine RF-Denervation bei diesen Patienten in Frage. Dadurch, dass zwei Medial Branches denerviert werden müssen, um ein Bewegungssegment zu behandeln, muss sowohl bei der Behandlung einer Nachbaretage cranial oder caudal der Fusion aber auch bei Behandlung des Index-Levels eine Sonde in die Nähe einer Pedikelschraube platziert werden.

Bedenken bezüglich einer RF-Denervation bei Patienten nach Spondylodese bestehen durch die Verwendung der hohen Temperaturen > 80 °C und der guten Wärmeleitfähigkeit von Metall. In einer Kadaver-Studie von Gazelka et al. 2015 wurde nachgewiesen, dass bei typischer Lage der Sonde (80 °C) auch ohne direkten Kontakt mit dem Metall nach 90 Sekunden die Temperatur des Implantates um fast 2 °C ansteigt. Bei direktem Kontakt mit dem Metall fanden sich höhere Erwärmungen. Lamer et al. 2016 haben über eine zusätzliche Temperatursonde während 10 RF-Denervationen bei 6 Patienten einen deutlichen Temperaturanstieg (in zwei Fällen > 42 °C) festgestellt. Klinische Daten wurden in dieser Studie nicht berichtet.

Evidenz von Studien

Die Durchführung randomisierter Studien mit und ohne Metallimplantat ist naturgemäß nicht möglich. Mehrere Beobachtungsstudien (Ellwood et al. 2018, Abd-Esayed et al. 2019 und Klessinger 2016b) konnten bei niedriger Qualität der Evidenz zwar eine teils deutliche Erwärmung der Metallimplantate nachweisen, jedoch wurden keine Komplikationen beobachtet.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der drei Beobachtungsstudien aufgeführt (niedrige Qualität, da keine Randomisierung).

Existierende Leitlinien

Die SIS empfiehlt in einem FactFinder (Saffarian et al. 2023) direkten Kontakt der Sonde mit dem Metall zu vermeiden und vorhandene axiale Schnittbildgebung zu berücksichtigen. Die Consensus-Guidelines von Cohen et al. 2020a empfehlen für die LWS multiplanare Durchleuchtungsbilder zu verwenden und einen direkten Kontakt der Sonde mit dem Metall zu vermeiden (Evidenz Grad C, geringe Sicherheit). Die Consensus-Guidelines für die HWS von Hurley et al. 2021/2022 empfehlen ebenfalls die muliplanare Darstellung unter Durchleuchtung und abhängig von der Art der OP einen eher posterioren Zugang, um einen direkten Kontakt mit dem Metall zu vermeiden (Evidenz Grad C, geringe Sicherheit).

Empfehlung

In der Literatur finden sich keine Komplikationen, die Position der Sonde ist aber oft schwerer zu erkennen durch Überlagerung mit dem Metall.

18.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Ein multiplanare fluoroskopische Darstellung **sollte** genutzt werden zur Darstellung des Implantates und der Sonde, wobei ein direkter Kontakt der Sonde mit dem Metall vermieden werden sollte.	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/2022	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.10. Frage 19: Ist eine RF-Denervation bei Patienten mit Herz-Schrittmacher oder SCS möglich?

Bei der RF-Denervation entsteht im Körper des Patienten ein hochfrequentes Wechselstromfeld zwischen der Sondenspitze am Medial Branch und der Neutralelektrode auf der Haut. Elektromagnetische Felder können zu Funktionsstörungen implantierter Geräte, wie Herzschrittmacher, Defibrillatoren bzw. Hirn- oder Rückenmarksstimulatoren führen (Roark et al. 2008, Govekar et al. 2012, Pfeiffer et al. 1995). Im Gegensatz zur lumbalen RF-Denervation, bei der die Neutralelektrode auch am Oberschenkel des Patienten angebracht werden kann, ist die zervikale RF-Denervation eher mit einem höheren Risiko verbunden, da das elektrische Feld durch den Oberkörper des Patienten verläuft (Smith et al. 2019).

Evidenz von Studien

Es existieren mehrere Beobachtungsstudien, die RF-Ablationen am Herzen (Indirekte Evidenz) bei Patienten mit Schrittmacher oder Defibrillator untersucht haben (Pfeiffer et al. 1995, Ellenbogen et al. 1996, Sadoul et al. 1997, Burke et al. 2001). In allen Untersuchungen wurden Fehlfunktionen der Schrittmacher während der RF-Anwendung beobachtet. Teilweise war nach der Ablation eine Neuprogrammierung des Schrittmachers notwendig. Allerdings kam es in keinem Fall zu einem Defekt am Generator, Elektroden mussten bei einer Studie revidiert werden. Eine aktuelle retrospektive Kohortenstudie (Jabri et al. 2022) konnte keine signifikanten Unterschiede der Parameter der Generatoren vor und nach einer Ablation am Herzen beobachten. Ähnliche Ergebnisse zeigen auch Case Reports über RF-Ablationen bei Malignomen (Tong et al. 2004, Donohoo et al. 2007).

Nur zwei Studien beziehen sich auf RF-Denervationen an der Wirbelsäule. Barbieri & Bellini 2014 haben retrospektiv Patienten mit RF-Denervationen an BWS, LWS und ISG beobachtet und keine Fehlfunktionen oder Veränderungen von Parametern festgestellt. Bautista et al. 2016 berichten von je einem Fall einer bipolaren RF-Denervation an der HWS bzw. LWS, ohne dass Fehlfunktionen des Schrittmachers beobachtet wurden.

In dem Dokument „Evidenztabellen“ ist die ausführliche GRADE-Auswertung der Beobachtungsstudien getrennt nach Fehlfunktionen und Defekten des Schrittmachers aufgeführt. Die Qualität der Evidenz ist sehr niedrig. Zum einen handelt es sich um sehr heterogene Ergebnisse, da sowohl unterschiedliche Schrittmachermodelle und Defibrillatoren untersucht wurden aber auch unterschiedliche RF-Techniken (mono- oder bipolar) angewendet wurden. Zum anderen lässt sich aus den Beobachtungsstudien nur eine indirekte Evidenz ableiten, da die Ablationen am Herzen und nicht am Medial Branch erfolgt sind.

Existierende Leitlinien

Die Leitlinie der American Society of Anesthesiologists „Practice Advisory for the Perioperative Management of Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices: Pacemakers and Implantable Cardioverter–Defibrillators 2020“ empfiehlt, das elektrische Hochfrequenzfeld so weit wie möglich von den Elektroden des Schrittmachers entfernt zu halten. Bei einer Hochfrequenzablation oberhalb des Nabels soll sichergestellt dein, dass die Stimulationsfunktion eines kardialen implantierbaren elektronischen Geräts beim stimulationsabhängigen Patienten in einen asynchronen Stimulationsmodus geändert wird, und die Antitachykardie-Funktion eines implantierbaren Kardioverter-Defibrillators unterbrochen ist. Vor dem Unterbrechen der Antitachykardie-Funktion ist sicherzustellen, dass sich der Patient in einer überwachten Umgebung befindet. Die Consensus-Leitlinien für die HWS und LWS (Cohen et al. 2020a, Hurley et al. 2021/2022) empfehlen ebenfalls eine Entfernung von mindestens 15 cm zwischen Neutralelektrode und Schrittmachersonden. Die SIS empfiehlt zudem eine enge Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Kardiologen schon im Vorfeld der RF-Denervation (Smith et al. 2019).

Empfehlungen

Da nur wenig Evidenz vorhanden ist, ist in Anlehnung an die vorhandenen Leitlinien ein vorsichtiges Vorgehen zu empfehlen.

19.1	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **A ⇑**	Eine RF-Denervation bei Patienten mit implantiertem Schrittmacher oder Defibrillator **soll** in enger Zusammenarbeit mit einem Kardiologen erfolgen.	
Qualität der Evidenz: **Sehr niedrig** ⊕○○○	Smith et al. 2019	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

19.2	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **B ⇑**	Die Neutralelektrode **sollte** so platziert werden, dass das elektrische Feld zwischen Läsionselektrode und Neutralelektrode den Schrittmacher/Defibrillator nicht tangiert.	
Qualität der Evidenz: **Sehr niedrig** ⊕○○○	American Society of Anesthesiologists 2020	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

19.3	Empfehlung	Stand (2023)
Empfehlungsgrad: **EK**	Für die Dauer einer RF-Denervation **sollte** ein implantierter Neurostimulator ausgeschaltet werden.	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

7.11. Frage 20: Was sind typische Komplikationen eine RF-Denervation?

Um eine RF-Denervation durchzuführen, muss eine dickere Kanüle an die posterioren Elemente der Wirbelsäule (Übergang Processus articularis superior und Processus transversus) platziert werden. An der Sondenspitze wird eine Temperatur von über 80 °C erzeugt, um den Medial Branch zu denervieren. Die folgenden Nebenwirkungen und Komplikationen sind daher denkbar:

- Schmerzen und prolongierte Schmerzen bzw. Dysästhesien durch den Eingriff.
- Durch die Denervation Sensibilitätsstörungen und Folgen für die vom Medial Branch versorgte Muskulatur.
- Folgen durch die Wärme, die nicht nur an der Sondenspitze sondern auch an der Neutralelektrode entsteht.
- Gefäßverletzungen, Hämatome und
- Verletzungen von anderen anatomischen Strukturen als dem Medial Branch.

Zudem sind insbesondere an der oberen HWS anatomiebedingt zusätzliche Komplikationen möglich. Bei Denervationen des „Third Occipital Nerve“ (TON) wird eine Ataxie als typische vorübergehende Begleiterscheinung genannt (Govind 2003, Lord et al. 2015) zudem werden bei vielen Patienten vorübergehende Sensibilitätsstörungen oder Dysästhesien (Govind 2003) beschrieben. In einer Studie von Gazelka et al. 2014 berichteten 12 von 64 Patienten über eine Neuralgie nach RF-Denervation des TON ohne neurologische Defizite.

Evidenz von Studien

In keiner RCT wurde über Todesfälle nach einer RF-Denervation berichtet. Ebenso wurden keine schwerwiegenden oder lebensbedrohlichen Komplikationen erwähnt. Allerdings fehlt eine einheitliche Definition von Komplikationen oder eine einheitliche Einteilung in schwere und leichte oder vorübergehende und bleibende Störungen. In mehreren Studien wurde nur allgemein berichtet, dass keine Komplikationen aufgetreten waren (Gallagher et al. 1994, van Kleef et al. 1999, Leclair et al.2001, Tekin et al. 2007, Nath et al. 2008, Patel et al. 2012). In einer Studie (van Wijk et al. 2005) wurde das Auftreten von Schmerzen, Sensibilitätsstörungen und Paresen der RF-Gruppe mit der Sham-Gruppe verglichen, es gab keine signifikanten Unterschiede. In einer RCT bezüglich RF-Denervation an der HWS untersuchten Lord et al. 1996b das Auftreten von Sensibilitätsstörungen, welche bei fünf von 12 Patienten nach RF-Denervation gefunden wurden, zusätzlich zeigte sich bei einem Patienten ein Köbner's Phänomen. Am ISG fanden Cohen et al. 2008a in ihrer RCT in der RF-Gruppe bei einem von 14 Patienten Sensibilitätsstörungen. Die Qualität der Evidenz ist sehr niedrig dafür, dass nur leichtgradige Komplikationen bei einer geringen Prozentzahl der Patienten nach einer Denervationen auftreten.

Eine Beobachtungsstudie von Carr et al. 2016 wurde berücksichtigt wegen der großen Zahl an Interventionen (26.151) und Medial Branch Blocks (181) bzw. RF-Denervationen (86). 11 Prozeduren wurden frühzeitig abgebrochen. Bei den Medial Branch Blocks wurden 5 vasovagale Synkopen beobachtet. Neurologische Komplikationen und Blutungsereignisse traten nicht auf.

Eine weitere Beobachtungsstudie (Kornick et al. 2004) hat bei 92 Patienten RF-Denervationen (116 mit insgesamt 616 Läsionen) untersucht. Im Beobachtungszeitraum vom 8 Wochen konnten hier bei 1 % (0,3–1,7 %) der Patienten Schmerzen oder neuropathische Schmerzen länger als 2 Wochen anhaltend beobachtet werden. Diese Komplikationen sind in der Regel selbstlimitierend und als leicht einzustufen. Andere Komplikationen traten nicht auf.

In einem Review von Engel et al. 2016 über RF-Denervationen an der HWS mit Auswertung der Literatur nach GRADE-Kriterien wurde bezüglich Risiken 4 Beobachtungsstudien ausgewertet. Bei niedriger Qualität der Evidenz fanden sich keine schwerwiegenden Komplikationen.

In dem Dokument „Evidenztabellen" ist die ausführliche GRADE-Auswertung der RCT (sehr niedrige Qualität wegen heterogener Ergebnisse, Publikations-Bias, fehlender Verblindung, unterschiedlicher Gruppen und selektiver Endpunkte) sowie der Beobachtungsstudien (niedrige Qualität) über Komplikationen an der LWS, HWS und dem ISG aufgeführt.

Schmerzen und Dysästhesien

Die Studien zeigen, dass länger anhaltende Schmerzen die häufigste Komplikation nach einer RF-Denervation sind (van Wijk et al. 2005, Kornick et al. 2004) gefolgt von Sensibilitätsstörungen (van Wijk et al. 2005, Lord et al. 1996b, Cohen et al. 2008a). Durch den Eingriff und die Wärmeeinwirkung kommt es Entzündungsreaktionen.

Neuropathische Schmerzen wurden bereits von Bogduk 1981 in einem Case-Report beschrieben. Der Ramus lateralis wurde bei diesem Patienten in die Denervation einbezogen, was die Schmerzen mit Projektion auf den Rücken und die Haut erklärt.

Moon et al. 2013 haben in einer RCT einen mehr distal liegenden Zielpunkt mit dem klassischen Zugang im Tunnel-view verglichen (je 34 Patienten). Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede beider Gruppen bezüglich NRS und ODI, allerdings empfanden die Patienten mit dem distalen Zugang die Prozedur als signifikant weniger schmerzhaft. Nur in der Tunnel-view Gruppe gab es 3 Patienten mit neuropathischen Schmerzen länger als 3 Monate anhaltend, allerdings waren die Unterschiede nicht signifikant. Der Vorteil des distalen Zugangs wird in dem größeren Abstand zum Spinalganglion und dem Ramus ventralis gesehen.

Pollak et al. 2015 fanden unter 1037 Klagen wegen schmerzmedizinischer Behandlungen 9 Fälle von RF-Denervationen an der LWS und 12 Fälle an der HWS. Bei Abrecht et al. 2019 finden sich jeweils 4 Fälle für die HWS und LWS und jeweils ein Fall für die BWS und einer für das ISG im Zeitraum 2009 bis 2016. Rathmell et al. 2011 haben Klagen bezüglich Interventionen an der HWS in den Jahren 2005 bis 2008 untersucht. 64 der 294 Klagen bei Behandlungen chronischer Schmerzen betrafen Interventionen an der HWS. Bei 3 Interventionen wurde wegen anhaltender Nackenschmerzen nach einer RF-Denervation an der HWS geklagt. Schwerwiegende Komplikationen (Infarkt, Rückenmarkverletzung) wurden insbesondere nach epiduralen Injektionen beschrieben, nicht aber nach RF-Denervationen.

Folgen der Denervation

Die Musculi multifidi sind ganz erheblich für die Stabilität der Wirbelsäule verantwortlich (Wilke at al. 1995). Sie werden durch den Medial Branch innerviert und sind somit von der Denervation betroffen. Dementsprechend konnten Dreyfuss et al. 2009b bei 5 Patienten im MRT nach 17 bis 26 Monaten diffuse Atrophien des Musculus multifidus nach einseitiger RF-Denervation nachweisen. Allerdings konnten die drei verblindeten Radiologen nur bei einem Patienten die Seite und die Höhe der Läsion korrekt benennen. Klinische Konsequenzen durch die Atrophie fanden sich nicht. Smuck et al. 2015 fanden bei 27 Patienten nach RF-Denervation keinen signifikanten Unterschied in der Fläche des Musculus multifidus oder negative Veränderungen an den Facettengelenken, jedoch eine vermehrte Degeneration der Bandscheiben. Eine weitere Studie (Oswald et al. 2023) hat den Anteil des Fettgewebes im Musculus multifidus vor und mindestens 6 Monate nach einer RF-Denervation untersucht. Ein Unterschied in Bezug auf eine fettige Degeneration konnte nicht festgestellt werden.

Ein Case Report von Smith et al. 2005 zeigte nach RF-Denervation an der HWS eine ringförmige Kontrastmittelaufnahme, die sich als Denervierungsfolge ohne Infektion herausgestellt hat. Zwei weitere Case-Reports beschreiben ein Dropped-Head-Syndrome, welches fusionierend operiert wurde (Stoker et al. 2013) bzw. eine schwere Kyphose als Folge der Denervation (Ahmed et al. 2012).

Wärmeeinwirkung

Hautverbrennungen durch eine zu große Ausdehnung der Läsion (McCormick & Walega 2018), durch die Neutralelektrode (Burnham et al. 2019) oder durch eine Fehlfunktion des RF-Generators (Ogsbury et al. 1977) sind denkbar und als Case Reports in der Literatur beschrieben (McCormick et al. 2019b, McCormick et al. 2020). Ein erhöhtes Risiko mag bei einer cooled-RF bestehen auf Grund der größeren Läsion (Walega & Roussis 2014) und bei Streifenelektroden (McCormick et al. 2018).

Gefäßverletzungen

Die Verletzung von Blutgefäßen mit Entwicklung eines Hämatoms ist eine typische Komplikation bei Injektionen, insbesondere bei Patienten unter Antikoagulation oder mit Thrombozytenaggregationshemmern. Die American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, die European Society of Regional Anaesthesia and Pain, die American Academy of Pain Medicine, die International Neuromodulation Society, die North American Neuromodulation Society und das World Institute of Pain (Narouze et al. 2018) haben die RF-Denervation an der LWS als Prozedur mit niedrigem Risiko eingestuft, an der HWS mit mittlerem Risiko. Die SIS Practice Guidelines (Bogduk 2013) weisen jedoch darauf hin, dass nur begrenzte Daten zu Blutungskomplikationen bei der Verwendung dicker Kanülen vorhanden sind. Es wird darauf hingewiesen, dass es wichtig ist, im seitlichen Durchleuchtungsbild darauf zu achten, dass die Nadel nicht in die Nähe der Blutgefäße im Foramen gelangt.

Der Verlauf der Arteria vertebralis kann sehr variabel sein, das Gefäß befindet sich bei 5,5 % bis 10 % der Patienten über dem Gelenk Hw2/3 (Finlayson et al. 2013, Elgueta et al. 2018), so dass Verletzungen während einer Denervation in dieser Etage möglich sind.

Nervenverletzungen

Verletzungen der lumbalen Spinalnerven sind selten. Ein einzelner Fallbericht beschreibt radikuläre L5-Schmerzen und Sensibilitätsstörungen nach einer RF-Denervation (Abbott et al. 2007). Bogduk et al. 2008 beschreiben zwei nicht veröffentlichte Rückenmarksverletzungen nach zervikaler RF-Denervation einmal mit Entwicklung eines Brown-Séquard Syndroms und einen Infarkt bei wohl Koagulation einer rückenmarksversorgenden Arterie im Foramen. Donohue & White 2021 beschreiben eine Rückenmarksveränderung thorakal in zeitlichem Zusammenhang mit einer RF-Denervation an der BWS, ohne dass der Verletzungsmechanismus geklärt werden konnte.

Empfehlungen und Statements

In der Literatur werden keine schweren Komplikationen und nur Einzelfälle leichter Komplikationen berichtet.

20.1	Statement	Stand (2023)
	Schwerwiegende Komplikationen sind nach RF-Denervationen sehr selten (nur Einzelfälle in der Literatur).	
Qualität der Evidenz: **niedrig** ⊕⊕○○	HWS: Lord et al. 1996b LWS: Gallagher et al. 1994, van Kleef et al. 1999, Leclair et al. 2001, van Wijk et al. 2005, Tekin et al. 2007, Nath et al. 2008 ISG: Cohen et al. 2008a, Patel et al. 2012	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

20.2	Empfehlung	Stand (2023)
EK	Es ist wichtig, bei einer RF-Denervation an der HWS die vorhandene Bildgebung (insbesondere MRT) bezüglich anatomischer Varianten (z. B. Verlauf der A. vertebralis) in die Planung einzubeziehen.	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

20.3	Empfehlung	Stand (2023)
EK	Es ist wichtig, die Patienten vor einer RF-Denervation über die Möglichkeit einer vorübergehenden Schmerzzunahme oder länger anhaltender Schmerzen und Dysästhesien zu informieren. Schmerzen, die länger als zwei Wochen anhalten sind sehr selten.	
	Konsensstärke: Starker Konsens (100 %)	

8. Wichtige Forschungsfragen

Ein großes Problem bei der Beurteilung der vorhandenen Literatur ist die Heterogenität der Studien in Bezug auf die Indikation zur RF-Denervation (welche Art von Testblock, wie viele Testblocks, wieviel Schmerzreduktion) und die Durchführung der Denervation (Lage der Sonde, Art der Sonde, Parameter). Insofern besteht Forschungsbedarf, um ideale Parameter (Temperatur, Dauer, Sondendicke, aktive Spitze) festzulegen, mit denen in Zukunft Studien und Behandlungen durchgeführt werden, deren Ergebnisse dann vergleichbarer sind. Bei einer Reihe von Studien, die mäßige oder schlechte Ergebnisse für eine RF-Denervation zeigen, bleibt ansonsten unklar, ob die verwendeten Parameter (z. B. rechtwinklige Position der Sonde, dünne Sonde) für die schlechten Ergebnisse verantwortlich sind.

Es wird mehr Evidenz benötigt für eine klare Entscheidung, wann ein Medial Branch Block als positiv zu werten ist. Die Anzahl der MBBs, ob kontrolliert oder vergleichend und die empfohlene Schwelle zur Schmerzreduktion müssen geklärt werden.

Am ISG gibt es Bedarf, die genaue Innervation zu klären und in das Prozedere einzubeziehen. Es bedarf Studien, die zwischen intraartikulärer Diagnostik und Therapie und dorsalem Bandapparat bzw. Lateral Branch unterscheiden.

Zunehmend gewinnt der Ultraschall an Bedeutung für Interventionen an der Wirbelsäule. Bezüglich RF-Denervation unter Ultraschall gibt es nur einzelne Studien, so dass hier ein großer Bedarf an Forschung besteht.

Eine Reihe von technisch veränderten Sondentypen sind auf dem Markt, deren Vor- und Nachteile noch in Studien gezeigt werden müssen.

9. Zusammensetzung der Leitliniengruppe

9.1. Leitlinienkoordinatoren

Prof. Dr. Stephan Klessinger

Dr. Karsten Wiechert

9.2. Ansprechpartner

Prof. Dr. Stephan Klessinger
Neurochirurgie Biberach
Eichendorffweg 5
88400 Biberach
07351 4403 0
klessinger@neurochirurgie-bc.de

9.3. Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

In Tabelle 1 sind alle involvierten Fachgesellschaften sowie ihre Mandatsträger aufgeführt, die an der Erstellung dieser Leitlinie beteiligt waren.

Tabelle 1: Mitglieder der Leitliniengruppe

Mandatstragende/ Stellvertreter	Fachgesellschaft/Organisation	Berufsgruppe
Prof. Dr. Stephan Klessinger (Koordinator) Dr. Karsten Wiechert (Mandatsträger für die DWG)	Deutsche Wirbelsäulengesellschaft e. V. (DWG) (Federführende Fachgesellschaft)	Neurochirurg Orthopäde
Prof. Dr. Hans-Raimund Casser	Deutsche Schmerzgesellschaft e. V.	Orthopäde
Dr. Andreas Kopf	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI)	Anästhesist
Prof. Dr. Volker Tronnier	Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC)	Neurochirurg
Prof. Dr. Phillipp Slotty Prof. Jan Vesper (bis 13.10.22)	Deutsche Gesellschaft für Neuromodulation e. V. (DGNM)	Neurochirurg Neurochirurg Neurochirurg

Mandatstragende/ Stellvertreter	Fachgesellschaft/Organisation	Berufsgruppe
Dr. Sebastian Gillner (ab 13.10.22)		
PD Dr. Matti Scholz	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (DGOU)	Orthopäde
Dr. Markus Schneider Dr. Martin Legat	Interdisziplinäre Gesellschaft für orthopädische/unfallchirurgische und allgemeine Schmerztherapie e. V. (I-GOST)	Orthopäde Orthopäde
Heike Norda	Unabhängige Vereinigung aktiver Schmerzpatienten in Deutschland e. V. (SchmerzLos)	Patient:innen-vertreterin

9.4. Patient:innen/Bürger:innenbeteiligung

Die Leitlinie wurde unter direkter Beteiligung von Patient:innenvertretern erstellt. Frau Heike Norda, Vorsitzende des Vereins SchmerzLos e. V., war stimmberechtigt und an der Erstellung der Leitlinie beteiligt. Ihre Beteiligung steht stellvertretend für betroffene Patienten.

9.5. Methodische Begleitung

Bei der Erstellung der Leitlinie wurde die Leitliniengruppe durch Frau Dr. Susanne Blödt, Frau Simone Witzel und Frau Dr. Monika Nothacker, alle Leitlinienberaterinnen der AWMF, begleitet.

10. Informationen zu dieser Leitlinie

10.1. Methodische Grundlagen

Die Methodik zur Erstellung dieser S3-Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 2.0 vom 19.11.2020) und vereint eine systematische Evidenzanalyse, ein interdisziplinäres Konsensverfahren sowie eine neutrale Moderation nach Vereinbarungen mit der AWMF. Grundlage des methodischen Vorgehens bildeten die folgenden Manuale:

- Das AWMF-Regelwerk (2. Auflage, AWMF, 2020)
- AGREE II, Appraisal of Guidelines for Research & Evaluation II, deutsche Version 2014
- Manual zur Bewertung des Biasrisikos in Interventionsstudien (Version 2.0 vom 10.05.2021) (Cochrane Deutschland und AWMF, 2021)
- Manual Systematische Recherche für Evidenzsynthesen und Leitlinien (Version 2.1 vom 14.12.2020) (Cochrane Deutschland und AWMF, 2020)
- Das GRADE-System. Artikelserie in Z. Evid. Fortbild. Qual. Gesundh. Wesen (ZEFQ) 106, ab 2012. http://dx.doi.org/10.1016/j.zefq.2012.05.016.

10.2. Systematische Recherche und Auswahl der Evidenz

Die methodische Vorarbeit einschließlich systematischer Literatursuchen (2022) in mehreren einschlägigen Datenbanken und systematischer Literaturauswahl erfolgte durch Mitarbeiter:innen der Neurochirurgie Biberach. Eine ausführliche Beschreibung zur Literaturrecherche und -auswahl ist im Leitlinienreport zu dieser Leitlinie dokumentiert.

10.3. Kritische Bewertung der Evidenz

Zur Bewertung der Evidenz und der Bias-Risiken wurde das Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) System verwendet. Das GRADE-System ist mittlerweile, etwa 12 Jahre nach Gründung der GRADE-Arbeitsgruppe, von über 60 internationalen Organisationen zur Bewertung der Evidenz und/oder zur Entwicklung von Handlungsempfehlungen im Gesundheitswesen angenommen worden. GRADE findet Anwendung bei der Erstellung von systematischen Übersichtsarbeiten, Health Technology Assessment Berichten und Leitlinien. GRADE beschreibt einen systematischen und transparenten Ansatz, um präzise Fragestellungen in der Gesundheitsversorgung zu entwickeln, Entscheidungen über patientenrelevante Endpunkte einzustufen, die Qualität der Evidenz zu bewerten, Synthesen und Zusammenfassungen der vorhandenen Evidenz zu erstellen, sowie hieraus Handlungsempfehlungen, auch für politische Entscheidungsträger, abzuleiten.

10.4. Konsensfindung

Die strukturierte Konsensfindung erfolgte im April 2023 im Rahmen einer Online-Konsenskonferenz unter unabhängiger Moderation der AWMF. Eine ausführliche Beschreibung der strukturierten Konsensfindung befindet sich im Leitlinienreport zu dieser Leitlinie.

10.5. Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke

Die Tabelle 2 zeigt die verwendete Empfehlungsgraduierung.

Tabelle 2: Schema zur Graduierung von Empfehlungen

Empfehlungsgrad	Beschreibung	Ausdrucksweise	Symbol (fakultativ)
A	Starke Empfehlung	Soll/Soll nicht	⇑⇑ / ⇓⇓
B	Schwache Empfehlung	Sollte/sollte nicht	⇑ / ⇓
0	Empfehlung offen	Kann erwogen/verzichtet werden	⇔

Die Konsensstärke wurde gemäß Tabelle 3 klassifiziert.

Tabelle 3: Feststellung der Konsensstärke

Klassifikation der Konsensusstärke	
Starker Konsens	> 95 % der Stimmberechtigten
Konsens	> 75–95 % der Stimmberechtigten
Mehrheitliche Zustimmung	> 50–75 % der Stimmberechtigten
Keine mehrheitliche Zustimmung	< 50 % der Stimmberechtigten

11. Redaktionelle Unabhängigkeit

11.1. Finanzierung der Leitlinie

Es wurde keine Finanzierung der Leitlinie in Anspruch genommen. Eine Vergütung der Mitglieder der Leitliniengruppe erfolgte nicht. In keiner Weise fand durch die unterstützenden Institutionen eine Beeinflussung auf die Inhalte dieser Leitlinie statt.

11.2. Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Die Angaben zu den Interessen wurden mit dem AWMF-Formblatt erhoben und vom Leitlinienkoordinator und dem Leiter der Leitlinienkommission der DWG, Prof. Dr. Florian Geiger, sowie der AWMF (Frau Dr. Nothacker) auf einen thematischen Bezug zur Leitlinie bewertet. Es fand keine Eigenbewertung statt. Als geringer Interessenkonflikt wurden Vortragstätigkeiten oder Autorenschaften, als moderater Interessenskonflikt wurden Ad-Board, Beratertätigkeiten, Industrie-Drittmittel in verantwortlicher Position und als hoher Interessenkonflikt wurden Eigentümerinteressen kategorisiert. Ein moderater Interessenkonflikt hatte eine Stimmenthaltung zur Konsequenz. Ein hoher Interessenkonflikt führte zum Ausschluss von der Beratung und Abstimmung zum betreffenden Thema. Als protektive Faktoren, die einer Verzerrung durch Interessenkonflikte entgegenwirken, können die pluralistische Zusammensetzung der Leitliniengruppe, die strukturierte Konsensfindung unter neutraler Moderation, die Diskussion zu den Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten zu Beginn der Konsensuskonferenz und eine öffentliche Konsultationsfassung gewertet werden.

Bei zwei Mitgliedern der Leitlinienkommission (nur einer davon war Mandatsträger) bestand ein moderates Konfliktrisiko auf Grund von Beratertätigkeiten bei Herstellerfirmen von RF-Sonden. Dies führte zu einem Stimmenthalt bei der Abstimmung zu Frage 12, welche Sonde benutzt werden sollte. Kein Mitglied der Leitliniengruppe wies ein hohes Konfliktrisiko auf.

Details zu den Erklärungen aller Mandatsträger:innen und zum Umgang mit Interessenskonflikten können im Leitlinienreport eingesehen werden.

12. Externe Begutachtung und Verabschiedung

Die Konsultationsfassung der Leitlinie wurde für die Fachöffentlichkeit auf der Internetseite der AWMF (https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/151-004%20KF) vom 05.05.2023 bis 26.05.2023 zur Kommentierung mit einem standardisierten Kommentarformular bereitgestellt. Es wurden keine Kommentare von den beteiligten Fachgesellschaften eingereicht. Es gab auch keine externen Kommentare von nicht an der Erstellung dieser Leitlinie beteiligten Personen oder Fachgesellschaften.

Eine formale Verabschiedung fand durch die Vorstände der herausgebenden und beteiligten Fachgesellschaften und Organisationen im Zeitraum vom 30.05.2023 bis 30.06.2023 statt.

13. Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie ist ab 10. Juli 2023 bis zur nächsten Aktualisierung gültig. Die Gültigkeitsdauer wird auf fünf Jahre geschätzt. Regelmäßige Aktualisierungen sind vorgesehen; bei dringendem Änderungsbedarf werden diese gesondert publiziert.

Kommentare und Hinweise für den Aktualisierungsprozess sind ausdrücklich erwünscht und können an den Leitlinienbeauftragten gesendet werden.

Leitlinienbeauftragter:

Prof. Dr. Stephan Klessinger
Neurochirurgie Biberach
Eichendorffweg 5
88400 Biberach
07351 4403 0
klessinger@neurochirurgie-bc.de

14. Verwendete Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Fachgesellschaften e.V.
CT	Computertomographie
HWS	Halswirbelsäule
LWS	Lendenwirbelsäule
LR	Likelihood Ratio
MRT	Magnetresonanztomographie
NRS	Numerische Rating Skala
ODI	Oswestry Diability Index
TON	Third Occipital Nerve
RCT	Randomisiert kontrollierte Studie
RF	Radiofrequenz
RMQ	Roland Morrison Fragebogen
SIS	Spine Intervention Society
VAS	Visuelle Analogskala

15. Literaturverzeichnis

Abbott Z, Smuck M, Haig A, Sagher O. (2007). Irreversible spinal nerve injury from dorsal ramus radiofrequency neurotomy: a case report. Arch Phys Med Rehabil. 88(10):1350–1352. doi: 10.1016/j.apmr.2007.07.006.

Abd-Elsayed A, Fiala K, Nguyen S, VanderWood J. (2019). Safety and Efficacy of Radiofrequency Ablation of the Medial Branch Nerves with Preexisting Spinal Hardware. A Case Series and Review of Literature. Curr Pain Headache Rep. 23(2):11. doi: 10.1007/s11916-019-0752-6.

Abrecht CR, Saba R, Greenberg P, Rathmell JP, Urman RD. (2019). A Contemporary Medicolegal Analysis of Outpatient Interventional Pain Procedures: 2009–2016. Anesth Analg. 129(1):255–262. doi: 10.1213/ANE.0000000000004096.

Ahmed MM, Lake WB, Resnick DK. (2012). Progressive severe kyphosis as a complication of multilevel cervical percutaneous facet neurotomy: a case report. Spine J. 12(10):e5–8. doi: 10.1016/j.spinee.2012.09.037.

American Society of Anesthesiologists (2019). Continuum of Depth of Sedation: Definition of General Anesthesia and Levels of Sedation/Analgesia. Committee of Origin: Quality Management and Departmental Administration. (Approved by the ASA House of Delegates on October 13, 1999, and last amended on October 23, 2019). https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/continuum-of-depth-of-sedation-definition-of-general-anesthesia-and-levels-of-sedationanalgesia [Zugriff am 10.03.2023].

American Society of Anesthesiologists. (2020). Practice Advisory for the Perioperative Management of Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices: Pacemakers and Implantable Cardioverter-Defibrillators 2020: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices: Anesthesiology. 132(2):225–252. doi: 10.1097/ALN.0000000000002821.

American Society of Anesthesiologists (2021). Statement on Anesthetic Care During Interventional Pain Procedures for Adults. Committee of Origin: Pain Medicine. (Approved by the ASA House of Delegates on October 22, 2005, and last amended on October 13, 2021). https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/statement-on-anesthetic-care-during-interventional-pain-procedures-for-adults [Zugriff am 10.03.2023].

Aprill C, Dwyer A, Bogduk N. (1990). Cervical zygapophyseal joint pain patterns. II: A clinical evaluation. Spine (Phila Pa 1976). 15(6):458–461. doi:10.1097/00007632-199006000-00005.

Aprill C, Bogduk N. (1992). The Prevalence of Cervical Zygapophyseal Joint Pain. A First Approximation. Spine (Phila Pa 1976). 17 (7):744–747. doi:10.1097/00007632-199207000-00003.

Aranke M, McCrudy G, Rooney K, Patel K, Lee CA, Hasoon J, Kaye AD. (2022). Minimally invasive and conservative interventions for the treatment of sacroiliac joint pain: A review of recent literature. Orthopedic Reviews. 14(4):34098. doi:10.52965/001c.34098.

Arnold B, Brinkschmidt T, Casser HR, Diezemann A, Gralow I, Irnich D, Kaiser U, Klasen B, Klimczyk K, Lutz J, Nagel B, Pfingsten M, Sabatowski R, Schesser R, Schiltenwolf M, Seeger D, Söllner W. (2014). Multimodale Schmerztherapie für die Behandlung chronischer Schmerzsyndrome. Ein Konsensuspapier der Ad-hoc-Kommission Multimodale interdisziplinäre Schmerztherapie der Deutschen Schmerzgesellschaft zu den Behandlungsinhalten. Schmerz. 28(5):459–72. doi:10.1007/s00482-014-1471-x.

Ball RD. (2014). The science of conventional and water-cooled monopolar lumbar radiofrequency rhizotomy: an electrical engineering point of view. Pain Physician. 17(2):E175–211.

Barbieri M, Bellini M. (2014). Radiofrequency neurotomy for the treatment of chronic pain: interference with implantable medical devices. Anaesthesiol Intensive Ther. 46(3):162–165. doi: 10.5603/AIT.2014.0029.

Barnsley L, Bogduk N. (1993). Medial Branch Blocks are specific for the diagnosis of cervical zygapophyseal joint pain. Regional Anesthesia. 18(6):343–350.

Barnsley L, Lord S, Wallis B, Bogduk N. (1993a). False-positive rates of cervical zygapophysial joint blocks. The Clinical Journal of Pain. 9(2):124–130. doi:10.1097/00002508-199306000-00007.

Barnsley L, Lord S, Bogduk N. (1993b). Comparative local anaesthetic blocks in the diagnosis of cervical zygapophysial joint pain. Pain. 55(1):99–106. doi: 10.1016/0304-3959(93)90189-V. PMID: 8278215.

Barnsley L, Lord SM, Wallis BJ, Bogduk N. (1995). The Prevalence of Chronic Cervical Zygapophysial Joint Pain After Whiplash. Spine (Phila Pa 1976). 20(1):20–25; discussion 26. doi:10.1097/00007632-199501000-00004.

Bautista A, Dadabayev A, Rosenquist E, Cheng J. (2016). Bipolar Radiofrequency Neurotomy to Treat Neck and Back Pain in Patients with Automatic Implantable Cardioverter Defibrillator. Pain Physician. 19(3):E505–509.

Bayerl SH, Finger T, Heiden P, Esfahani-Bayerl N, Topar C, Prinz V, Woitzik J, Dengler J, Vajkoczy P. (2020). Radiofrequency denervation for treatment of sacroiliac joint pain-comparison of two different ablation techniques. Neurosurg Rev. 43(1):101–107. doi: 10.1007/s10143-018-1016-3.

Birkenmaier C, Veihelmann A, Trouillier HH, Hausdorf J, von Schulze Pellengahr C. (2007). Medial Branch Blocks versus pericapsular blocks in selecting patients for percutaneous

cryodenervation of lumbar facet joints. Reg Anesth Pain Med. 32(1):27–33. doi: S1098-7339(06)00570-0.

Bogduk N. (1981). Lumbar lateral branch neuralgia: a complication of rhizolysis. Med J Aust. 1(5):242–243. doi: 10.5694/j.1326-5377.1981.tb135513.x.

Bogduk N. (1982). The clinical anatomy of the cervical dorsal rami. Spine (Phila Pa 1976). 7(4):319–330. doi: 10.1097/00007632-198207000-00001.

Bogduk N, Macintosh J, Marsland A. (1987). Technical limitations to the efficacy of radiofrequency neurotomy for spinal pain. Neurosurgery. 20(4):529–535. doi: 10.1227/00006123-198704000-00004.

Bogduk N, Marsland A. (1988). The Cervical Zygapophysial Joints as a Source of Neck Pain. Spine (Phila Pa 1976). 13 (6):610–617.

Bogduk N, Dreyfuss P, Baker R, Yin W, Landers M, Hammer M, Aprill C. (2008). Complications of Spinal Diagnostic and Treatment Procedures. Pain Med. 9(Suppl1):S11–S34. doi.org/10.1111/j.1526-4637.2008.00437.x.

Bogduk N. (2009). On the rational use of diagnostic blocks for spinal pain. Neurosurgery Quarterly. 19(2):88–100. doi:10.1097/WNQ.0b013e3181a32e8b.

Bogduk N (ed.) (2013). Practice guidelines for spinal diagnostic and treatment procedures. 2nd edn. ed. San Francisco: International Spine Intervention Society.

Bogduk N. (2022). On understanding the validity of diagnostic tests. Interventional Pain Med. 1:100127. doi:10.1016/j.inpm.2022.100127.

Boswell MV, Manchikanti L, Kaye AD, Bakshi S, Gharibo CG, Gupta S, Jha SS, Nampiaparampil DE, Simopoulos TT, Hirsch JA. (2015). A best-evidence systematic appraisal of the diagnostic accuracy and utility of facet (zygapophysial) joint injections in chronic spinal pain. Pain Physician. 18(4):E497–E533.

Bruners P, Lipka J, Günther RW, Schmitz-Rode T, Mahnken AH. (2008). Bipolar radiofrequency ablation: is the shape of the coagulation volume different in comparison to monopolar RF-ablation using variable active tip lengths? Minim Invasive Ther Allied Technol. 17(5):267–274. doi: 10.1080/13645700802384122.

Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). (2017). Nationale VersorgungsLeitlinie Nicht-spezifischer Kreuzschmerz – Langfassung, 2. Auflage. Version 1. [Zugriff am 18.07.2022]. DOI: 10.6101/AZQ/000353. www.kreuzschmerz.versorgungsleitlinien.de.

Burke MC, Kopp DE, Alberts M, Patel A, Lin AC, Kall JG, Arruda M, Mazeika P, Wilber DJ. (2001). Effect of radiofrequency current on previously implanted pacemaker and defibrillator ventricular lead systems. J Electrocardiol. 34 Suppl:143–148. doi: 10.1054/jelc.2001.28854.

Burnham T, Hilgenhurst G, McCormick ZL. (2019). Second-degree Skin Burn from a Radiofrequency Grounding Pad: A Case Report and Review of Risk-Mitigation Strategies. PM R. 11(10):1139–1142. doi: 10.1002/pmrj.12143.

Burnham T, Conger A, Salazar F, Petersen R, Kendall R, Cunningham S, Teramoto M, McCormick ZL. (2020). The Effectiveness of Cervical Medial Branch Radiofrequency Ablation for Chronic Facet Joint Syndrome in Patients Selected by a Practical Medial Branch Block Paradigm. Pain Med. 21(10):2071–2076. doi: 10.1093/pm/pnz358.

Burnham TR, Smith A, McCormick ZL, Teramoto M, Burnham R. (2022a). Evaluation of an ultrasound-assisted longitudinal axis lateral crest approach to radiofrequency ablation of the sacroiliac joint. Am J Phys Med Rehabil. 101(1):26–31. doi: 10.1097/PHM.0000000000001733.

Burnham TR, Clements N, Conger A, Kuo K, Lider J, Caragea M, Kendall R, Cunningham S, Meiling JB, Teramoto M, & McCormick ZL. (2022b). A comparison of the effectiveness of cervical medial branch radiofrequency ablation for chronic facet joint syndrome in patients selected by two common Medial Branch Block paradigms. Interventional Pain Medicine. 1(2):100091. doi:10.1016/j.inpm.2022.100091.

Carr CM, Plastaras CT, Pingree MJ, Smuck M, Maus TP, Geske JR, El-Yahchouchi CA, McCormick ZL, Kennedy DJ. (2016). Immediate Adverse Events in Interventional Pain Procedures: A Multi-Institutional Study. Pain Med. 17(12):2155–2161. doi: 10.1093/pm/pnw051.

Cedeño DL, Vallejo A, Kelley CA, Tilley DM, Kumar N. (2017). Comparisons of Lesion Volumes and Shapes Produced by a Radiofrequency System with a Cooled, a Protruding, or a Monopolar Probe. Pain Physician. 20(6):E915–922.

Cheng J, Gutenberg LV, Dalton JE, Yano S, Saad R, Reese JJ. (2013a). Comparative long-term outcomes of lateral versus posterior approach to cervical facet medial branch radiofrequency ablation. (American Academy of Pain Medicine 2013 Meeting abstract #179). Pain Med. 14(4):586.

Cheng J, Pope JE, Dalton JE, Cheng O, Bensitel A. (2013b). Comparative outcomes of cooled versus traditional radiofrequency ablation of the lateral branches for sacroiliac joint pain. Clin J Pain. 29(2):132–137. doi: 10.1097/AJP.0b013e3182490a17.

Cheng J, Chen SL, Zimmerman N, Dalton JE, LaSalle G, Rosenquist R. (2016). A New Radiofrequency Ablation Procedure to Treat Sacroiliac Joint Pain. Pain Physician. 19(8):603–615.

Choi EJ, Choi YM, Jang EJ, Kim JY, Kim TK, Kim KH. (2016). Neural Ablation and Regeneration in Pain Practice. Korean J Pain. 29(1):3–11. doi: 10.3344/kjp.2016.29.1.3.

Cohen S, Hurley R, Christo P, Winkley J, Mohiuddin M, Stojanovic M. (2007a). Clinical predictors of success and failure for lumbar facet radiofrequency denervation. The Clinical Journal of Pain. 23(1):45–52. doi:10.1097/01.ajp.0000210941.04182.ea.

Cohen SP, Bajwa ZH, Kraemer JJ, Dragovich A, Williams KA, Stream J, Sireci A, McKnight G, Hurley RW. (2007b) Factors predicting success and failure for cervical facet radiofrequency denervation: a multi-center analysis. Reg Anesth Pain Med. 32(6):495–503. doi: 10.1016/j.rapm.2007.05.009.

Cohen SP, Hurley RW, Buckenmaier CC 3rd, Kurihara C, Morlando B, Dragovich A. (2008a) Randomized placebo-controlled study evaluating lateral branch radiofrequency denervation for sacroiliac joint pain. Anesthesiology. 109(2):279–288. doi: 10.1097/ALN.0b013e31817f4c7c.

Cohen SP, Stojanovic MP, Crooks M, Kim P, Schmidt RK, Shields CH, Croll S, Hurley RW. (2008b) Lumbar zygapophysial (facet) joint radiofrequency denervation success as a function of pain relief during diagnostic Medial Branch Blocks: a multicenter analysis. Spine J. 8(3):498–504. doi: 10.1016/j.spinee.2007.04.022.

Cohen SP, Strassels SA, Kurihara C, Forsythe A, Buckenmaier CC, McLean B, Riedy G, Seltzer S. (2010a). Randomized study assessing the accuracy of cervical facet joint nerve (medial branch) blocks using different injectate volumes. Anesthesiology (Philadelphia). 112(1):144–152. doi:10.1097/ALN.0b013e3181c38a82.

Cohen SP, Williams KA, Kurihara C, Nguyen C, Shields C, Kim P, Griffith SR, Larkin TM, Crooks M, Williams N, Morlando B, Strassels SA. (2010b). Multicenter, randomized, comparative cost-effectiveness study comparing 0, 1, and 2 diagnostic medial branch (facet joint nerve) block treatment paradigms before lumbar facet radiofrequency denervation. Anesthesiology. 113(2):395–405. doi:10.1097/ALN.0b013e3181e33ae5.

Cohen SP, Strassels SA, Kurihara C, Lesnick IK, Hanling SR, Griffith SR, Buckenmaier CC 3rd, Nguyen C. (2011). Does sensory stimulation threshold affect lumbar facet radiofrequency denervation outcomes? A prospective clinical correlational study. Anesth Analg. 113(5):1233–1241. doi: 10.1213/ANE.0b013e31822dd379.

Cohen SP, Chen Y, Neufeld NJ. (2013a). Sacroiliac Joint Pain: A Comprehensive Review of Epidemiology, Diagnosis and Treatment. Expert Review of Neurotherapeutics. 13(1):99–116. doi:10.1586/ern.12.148.

Cohen SP, Strassels SA, Kurihara C, Griffith SR, Goff B, Guthmiller K, Hoang HT, Morlando B, Nguyen C. (2013b) Establishing an optimal "cutoff" threshold for diagnostic lumbar facet blocks: a prospective correlational study. Clin J Pain. 29(5):382–391. doi: 10.1097/AJP.0b013e31825f53bf.

Cohen SP, Moon JY, Brummett CM, White RL, Larkin TM. (2015). Medial Branch Blocks or intra-articular injections as a prognostic tool before lumbar facet radiofrequency denervation: A multicenter, case-control study. Reg Anesth Pain Med. 40(4):376–383. doi: 10.1097/AAP.0000000000000229.

Cohen SP, Doshi TL, Constantinescu OC, Zhao Z, Kurihara C, Larkin TM, Griffith SR, Jacobs MB, Kroski WJ, Dawson TC, Fowler IM, White RL, Verdun AJ, Jamison DE, Anderson-White M, Shank SE, Pasquina PF. (2018). Effectiveness of lumbar facet joint blocks and

predictive value before radiofrequency denervation: The facet treatment study (FACTS), a randomized, controlled clinical trial. Anesthesiology. 129(3):517–535. doi: 10.1097/ALN.0000000000002274.

Cohen SP, Bhaskar A, Bhatia A, Buvanendran A, Deer T, Garg S, Hooten WM, Hurley RW, Kennedy DJ, McLean BC, Moon JY, Narouze S, Pangarkar S, Provenzano DA, Rauck R, Sitzman BT, Smuck M, van Zundert J, Vorenkamp K, Wallace MS, Zhao Z. (2020a). Consensus practice guidelines on interventions for lumbar facet joint pain from a multispecialty, international working group. Reg Anesth Pain Med. 45(6):424–467. doi: 10.1136/rapm-2019-101243.

Cohen S, Doshi T, Kurihara C, Dolomisiewicz E, Liu R, Dawson T, Hager N, Durbhakula S, Verdun A, Hodgson J, Pasquina P. (2020b). Waddell (nonorganic) signs and their association with interventional treatment outcomes for low back pain. Anesthesia and Analgesia. 132(3):639–651. doi:10.1213/ANE.0000000000005054.

Cooper G, Bailey B, Bogduk N. (2007). Cervical zygapophysial joint pain maps. Pain Med. 8(4):344–353. doi:10.1111/j.1526-4637.2006.00201.x.

Cosman ER Jr, Gonzalez CD. (2011). Bipolar radiofrequency lesion geometry: Implications for palisade treatment of sacroiliac joint pain. Pain Practice: The Official Journal of World Institute of Pain. 11(1):3–22. doi:10.1111/j.1533-2500.2010.00400.x.

Cosman ER Jr, Dolensky JR, Hoffman RA. (2014). Factors that affect radiofrequency heat lesion size. Pain Med. 15(12):2020–2036. doi: 10.1111/pme.12566.

Costandi S, Garcia-Jacques M, Dews T, Kot M, Wong K, Azer G, Atalla J, Looka M, Nasr E, Mekhail N. (2016). Optimal Temperature for Radiofrequency Ablation of Lumbar Medial Branches for Treatment of Facet-Mediated Back Pain. Pain Pract. 16(8):961–968. doi: 10.1111/papr.12346.

Cox M, Ng G, Mashriqi F, Iwanaga J, Alonso F, Tubbs K, Loukas M, Oskouian RJ, Tubbs RS. (2017). Innervation of the anterior sacroiliac joint. World Neurosurgery. 107:750–752. doi:10.1016/j.wneu.2017.08.062.

Cucuzzella TR, Delport EG, Kim N, Marley J, Pruitt C, & Delport AG. (2006). A survey: Conscious sedation with epidural and zygapophyseal injections: Is it necessary? The Spine Journal, 6(4), 364–9. doi:10.1016/j.spinee.2005.09.005.

Deng G, Smith A, Burnham R. (2022). Prospective Within Subject Comparison of Fluoroscopically Guided Lumbosacral Facet Joint Radiofrequency Ablation Using a Multi-Tined (Trident) Versus Conventional Monopolar Cannula. Pain Physician. 25(5):391–399.

DePalma MJ, Ketchum JM, Saullo T. (2011a). What is the Source of Chronic Low Back Pain and does Age Play a Role? Pain Med. 12(2):224–233. doi:10.1111/j.1526-4637.2010.01045.x.

DePalma MJ, MD, Ketchum JM, PhD, Trussell BS, MD, Saullo TR, MD, Slipman CW, MD. (2011b). Does the location of low back pain predict its source? PM R. 3(1):33-39. doi: 10.1016/j.pmrj.2010.09.006.

Derby R, Melnik I, Lee J, Lee S. (2012). Correlation of lumbar medial branch neurotomy results with diagnostic Medial Branch Block cutoff values to optimize therapeutic outcome. Pain Med. 13(12):1533–1546. doi:10.1111/j.1526-4637.2012.01500.x.

Derby R, Melnik I, Lee JE, Lee SH. (2013a). Cost comparisons of various diagnostic Medial Branch Block protocols and medial branch neurotomy in a private practice setting. Pain Med. 14(3):378–391. doi: 10.1111/pme.12026. Epub 2013 Jan 7.

Derby R, Melnik I, Choi J, Lee J. (2013b). Indications for repeat diagnostic medial branch nerve blocks following a failed first medial branch nerve block. Pain Physician. 16(5):479–488. doi:10.36076/ppj.2013/16/479.

Derby R, Stojanovic MP, Kennedy DJ. (2022). Evidence-based cervical facet consensus: access or outcome? Reg Anesth Pain Med. 47(1), 1–2. doi: 10.1136/rapm-2021-103111.

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie. (2018). S2k-Leitlinie Spezifischer Kreuzschmerz. Version 01. Verfügbar unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/033-051l_S2k_Spezifischer_Kreuzschmerz_2018-02_01.pdf. [Zugriff am 18.07.2022].

Diehn FE, Geske JR, Amrami KK, Kaufmann TJ, Morris JM, Murthy NS, Thielen KR, Wald JT, Shelerud RA, Carter RE, & Maus TP. (2013). An audit of transforaminal epidural steroid injections without sedation: Low patient dissatisfaction and low vasovagal rates. Pain Medicine (Malden, Mass.), 14(7), 994–8. doi:10.1111/pme.12092.

Dolan AL, Ryan PJ, Arden NK, Stratton R, Wedley JR, Hamann W, Fogelman I, Gibson T. (1996). The value of SPECT scans in identifying back pain likely to benefit from facet joint injection. British Journal of Rheumatology. 35(12):1269–1273. doi:10.1093/rheumatology/35.12.1269.

Donohoo JH, Anderson MT, Mayo-Smith WW. (2007). Pacemaker reprogramming after radiofrequency ablation of a lung neoplasm. AJR Am J Roentgenol. 189(4):890–892. doi: 10.2214/AJR.05.1399.

Donohue NK, White C. (2021). A Rare Case of Spinal Cord Injury Following Thoracic Radiofrequency Ablation. Cureus. 13(6):e15380. doi: 10.7759/cureus.15380.

Dreyer SJ, Dreyfuss PH. (1996). Low Back Pain and the Zygapophysial (Facet) Joints. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 77 (3):290–300. doi: S0003-9993(96)90115-X.

Dreyfuss P, Michaelsen M, Pauza K, McLarty J, Bogduk N. (1996). The value of medical history and physical examination in diagnosing sacroiliac joint pain. Spine (Phila Pa 1976). 21(22):2594–2602. doi:10.1097/00007632-199611150-00009.

Dreyfuss P, Schwarzer AC, Lau P, Bogduk N. (1997). Specificity of lumbar medial branch and L5 dorsal ramus blocks. A computed tomography study. Spine (Phila Pa 1976). 22(8):895–902. doi: 10.1097/00007632-199704150-00013.

Dreyfuss P, Halbrook B, Pauza K, Joshi A, McLarty J, Bogduk N. (2000). Efficacy and validity of radiofrequency neurotomy for chronic lumbar zygapophysial joint pain. Spine (Phila Pa 1976). 25(10):1270–1277. doi: 10.1097/00007632-200005150-00012.

Dreyfuss P, Snyder BD, Park K, Willard F, Carreiro J, Bogduk N. (2008). The ability of single site, single depth sacral lateral branch blocks to anesthetize the sacroiliac joint complex. Pain Med. 9(7):844–850. doi:10.1111/j.1526-4637.2008.00517.x.

Dreyfuss P, Henning T, Malladi N, Goldstein B, Bogduk N. (2009a). The ability of multi-site, multi-depth sacral lateral branch blocks to anesthetize the sacroiliac joint complex. Pain Med. 10(4):679–688. doi:10.1111/j.1526-4637.2009.00631.x.

Dreyfuss P, Stout A, Aprill C, Pollei S, Johnson B, Bogduk N. (2009b). The significance of multifidus atrophy after successful radiofrequency neurotomy for low back pain. PM R. 1(8):719–722. doi: 10.1016/j.pmrj.2009.05.014.

Dworkin RH, Turk DC, Wyrwich KW, Beaton D, Cleeland CS, Farrar JT, Haythornthwaite JA, Jensen MP, Kerns RD, Ader DN, Brandenburg N, Burke LB, Cella D, Chandler J, Cowan P, Dimitrova R, Dionne R, Hertz S, Jadad AR, Katz NP, Kehlet H, Kramer LD, Manning DC, McCormick C, McDermott MP, McQuay HJ, Patel S, Porter L, Quessy S, Rappaport BA, Rauschkolb C, Revicki DA, Rothman M, Schmader KE, Stacey BR, Stauffer JW, von Stein T, White RE, Witter J, Zavisic S. (2008). Interpreting the clinical importance of treatment outcomes in chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations. J Pain. 9(2):105–121. doi: 10.1016/j.jpain.2007.09.005.

Dwyer A, Aprill C, Bogduk N. (1990). Cervical zygapophyseal joint pain patterns. I: A study in normal volunteers. Spine (Phila Pa 1976). 15(6):453–457. doi:10.1097/00007632-199006000-00004.

Eckmann MS, Martinez MA, Lindauer S, Khan A, Ramamurthy S. (2015). Radiofrequency ablation near the bone-muscle interface alters soft tissue lesion dimensions. Reg Anesth Pain Med. 40(3):270–275. doi: 10.1097/AAP.0000000000000221.

Ehsanian R, Rosati RM, Kennedy DJ, Schneider BJ. (2020). Antiplatelet and Anticoagulant Risk for Select Spine Interventions: A Retrospective Cohort. Pain Med. 21(5):910–917. doi: 10.1093/pm/pnaa009.

Eldabe S, Tariq A, Nath S, Gulve A, Antrobus H, Baloch M, Buczkowski P, Collighan N, Fernandez T, Fritz AK, Humble S, Huygen F, Krishnan M, Mehta V, Mishra S, Muthukrishnan S, Snidvongs S, Tamosauskas R, Underwood M. (2020). Best practice in radiofrequency denervation of the lumbar facet joints: A consensus technique. British Journal of Pain. 14(1):47–56. doi:10.1177/2049463719840053.

Elgafy H, Semaan HB, Ebraheim NA, Coombs RJ. (2001). Computed tomography findings in patients with sacroiliac pain. Clinical Orthopedics and Related Research. 382:112–118.

Elgueta MF, Ortiz Jimenez J, Wang NN, Pérez Lara A, Chankowsky J, Charghi R, Tran DQ, Finlayson RJ. (2018). Anatomical Variations of the Vertebral Artery in the Upper Cervical Spine: Clinical Relevance for Procedures Targeting the C1/C2 and C2/C3 Joints. Reg Anesth Pain Med. 43(4):367–371. doi: 10.1097/AAP.0000000000000734. PMID: 29346229.

Ellenbogen KA, Wood MA, Stambler BS. (1996). Acute effects of radiofrequency ablation of atrial arrhythmias on implanted permanent pacing systems. Pacing Clin Electrophysiol. 19(9):1287–1295. doi: 10.1111/j.1540-8159.1996.tb04206.x.

Ellwood S, Shupper P, Kaufman A. (2018). A Retrospective Review of Spinal Radiofrequency Neurotomy Procedures in Patients with Metallic Posterior Spinal Instrumentation – Is it Safe? Pain Physician. 21(5):E477–E482.

Endres S, Shufelt A, Bogduk N. (2017). The risks of continuing or discontinuing anticoagulants for patients undergoing common interventional pain procedures. Pain Med. 18(3):403–409. doi:10.1093/pm/pnw108.

Endres S, Hefti K, Schlimgen E, Bogduk N. (2020). Update of a Study of Not Ceasing Anticoagulants for Patients Undergoing Injection Procedures for Spinal Pain. Pain Med. 21(5):918–921. doi: 10.1093/pm/pnz354.

Engel A, MacVicar J, Bogduk N. (2014). A philosophical foundation for diagnostic blocks, with criteria for their validation. Pain Med. 15(6):998–1006. doi:10.1111/pme.12436.

Engel A, Rappard G, King W, Kennedy DJ. (2016). Standards Division of the International Spine Intervention Society. The Effectiveness and Risks of Fluoroscopically-Guided Cervical Medial Branch Thermal Radiofrequency Neurotomy: A Systematic Review with Comprehensive Analysis of the Published Data. Pain Med. 17(4):658–669. doi: 10.1111/pme.12928.

Engel A, King W, Schneider BJ, Duszynski B, Bogduk N. (2020). The Effectiveness of Cervical Medial Branch Thermal Radiofrequency Neurotomy Stratified by Selection Criteria: A Systematic Review of the Literature. Pain Med. 21(11):2726–2737. doi: 10.1093/pm/pnaa219.

Ertilav E, Aydin ON, Erel KV. (2022). Facet Median Branch Radiofrequency Thermocoagulation Treatment at Different Temperatures and Durations in Patients with Lumbar Facet Syndrome: A Randomized Controlled Double-Blind Study. Turk Neurosurg. 32(1):149–154. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.34637-21.2.

Fairbank JC, Park WM, McCall IW, O'Brien JP. (1981). Apophyseal injection of local anesthetic as a diagnostic aid in primary low-back pain syndromes. Spine (Phila Pa 1976). 6(6):598–605. doi:10.1097/00007632-198111000-00011.

Feigl GC, Dreu M, Kastner M, Rosmarin W, Ulz H, Kniesel B, Likar R. (2017). Thermocoagulation of the Medial Branch of the Dorsal Branch of the Lumbal Spinal Nerve: Flouroscopy Versus CT. Pain Med. 18(1):36–40. doi: 10.1093/pm/pnw116.

Feigl GC, Mattersberger C, Rosmarin W, Likar R, Avila González C. (2018). Lumbar CT-guided radiofrequency ablation of the medial branch of the dorsal ramus of the spinal nerve : Anatomic study and description of a new technique. [Lumbale CT-gezielte Radiofrequenzablationen des Ramus medialis rami dorsalis nervi spinalis: Anatomische Untersuchung und Beschreibung einer neuen Technik] Schmerz (Berlin, Germany), 32(2):99–104. doi:10.1007/s00482-018-0283-9.

Finlayson RJ, Etheridge JP, Vieira L, Gupta G, Tran DQ. (2013). A randomized comparison between ultrasound- and fluoroscopy-guided third occipital nerve block. Reg Anesth Pain Med. 38(3):212–217. doi: 10.1097/AAP.0b013e31828b25bc. PMID: 23558370.

Finlayson RJ, Thonnagith A, Elgueta MF, Perez J, Etheridge JB, Tran DQH. (2017). Ultrasound-guided cervical medial branch radiofrequency neurotomy: Can multitined deployment cannulae be the solution? Regional Anesthesia and Pain Medicine. 42(1):45–51. doi:10.1097/AAP.0000000000000506.

Fortin JD. (1999). Sacroiliac joint dysfunction. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 3(3):31–43. doi:10.3233/BMR-1993-3308.

Freiermuth D, Kretzschmar M, Bilecen D, Schaeren S, Jacob AL, Aeschbach A, Ruppen W. (2015). Correlation of 99mTc-DPD SPECT/CT scan findings and diagnostic blockades of lumbar medial branches in patients with unspecific low back pain in a Randomized-Controlled trial. Pain Med. 16(10):1916–1922. doi:10.1111/pme.12841.

Fukui S, Ohseto K, Shiotani M, Ohno K, Karasawa H, Naganuma Y, Yuda Y. (1996). Referred pain distribution of the cervical zygapophyseal joints and cervical dorsal rami. Pain. 68(1):79–83. doi:10.1016/S0304-3959(96)03173-9.

Galbraith W, Khan S, Gardner JE, Schneider B. (2023). Myocardial infarction following held antiplatelet therapy for lumbar radiofrequency neurotomy: A letter to the editor. Interventional Pain Medicine. 2:100171. doi:10.1016/j.inpm.2022.100171.

Gallagher J, Petriccione Di Vadi PL, Wedley JR, Hamann W, Ryan P, Chikanza I. (1994). Radiofrequency facet joint denervation in the treatment of low back pain: A prospective controlled double-blind study to assess its efficacy. Pain Clinic. 7(3):193–198.

Gazelka HM, Knievel S, Mauck WD, Moeschler SM, Pingree MJ, Rho RH, Lamer TJ. (2014). Incidence of neuropathic pain after radiofrequency denervation of the third occipital nerve. J Pain Res. 7:195–198. doi: 10.2147/JPR.S60925.

Gazelka HM, Welch TL, Nassr A, Lamer TJ. (2015). Safety of lumbar spine radiofrequency procedures in the presence of posterior pedicle screws: technical report of a cadaver study. Pain Med. 16(5):877–880. doi: 10.1111/pme.12678.

Gofeld M, Faclier G. (2008). Radiofrequency denervation of the lumbar zygapophysial joints--targeting the best practice. Pain Med. 9(2):204–211. doi: 10.1111/j.1526-4637.2007.00345.x.

Gofeld M, Brown MN, Bollag L, Hanlon JG, Theodore BR. (2014). Magnetic positioning system and ultrasound guidance for lumbar zygapophysial radiofrequency neurotomy: A cadaver study. Regional Anesthesia and Pain Medicine. 39(1):61–66. doi:10.1097/AAP.0000000000000032.

Goodman BS, House LM, Vallabhaneni S, Mallempati S, Willey MR, Smith MT. (2017). Anticoagulant and Antiplatelet Management for Spinal Procedures: A Prospective, Descriptive Study and Interpretation of Guidelines. Pain Med. 18(7):1218–1224. doi: 10.1093/pm/pnw227.

Gore DR, Sepic SB, Gardner GM, Murray MP. (1987). Neck pain: A long-term follow-up of 205 patients. Spine (Phila Pa 1976). 12(1):1–5. doi:10.1097/00007632-198701000-00001.

Govekar HR, Robinson TN, Varosy PD, Girard G, Montero PN, Dunn CL, Jones EL, Stiegmann GV. (2012). Effect of monopolar radiofrequency energy on pacemaker function. Surg Endosc. 26(10):2784–2788. doi: 10.1007/s00464-012-2279-3.

Govind J, King W, Bailey B, Bogduk N. (2003). Radiofrequency neurotomy for the treatment of third occipital headache. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 74(1):88–93. doi: 10.1136/jnnp.74.1.88.

Greater Manchester Combined Authority. (2019). Greater Manchester EUR policy statement on: Facet joint injections for neck and back pain. GM ref: GM070. version 2.2.

Hansen HC, McKenzie-Brown AM, Cohen SP, Swicegood JR, Colson DJ, Manchikanti L. (2007). Sacroiliac Joint Interventions: A Systematic Review. Pain Physician. 10 (1):165–184.

Hechelhammer L, Pfirrmann CWA, Zanetti M, Hodler J, Boos N, Schmid MR. (2007). Imaging findings predicting the outcome of cervical facet joint blocks. European Radiology. 17(4):959–964. doi:10.1007/s00330-006-0379-y.

Helbig T, Lee CK. (1988). The lumbar facet syndrome. Spine (Phila Pa 1976). 13(1):61–64. doi:10.1097/00007632-198801000-00015.

Heller CA, Stanley P, Lewis-Jones B, Heller RF. (1983). Value of x ray examinations of the cervical spine. British Medical Journal (Clinical Research Ed.). 287(6401):1276–1278. doi:10.1136/bmj.287.6401.1276.

Holz SC, Sehgal N. (2016) What is the Correlation Between Facet Joint Radiofrequency Outcome and Response to Comparative Medial Branch Blocks? Pain Physician. 19(3):163–172.

Hurley RW, Adams MCB, Barad M, Bhaskar A, Bhatia A, Chadwick A, Deer TR, Hah J, Hooten WM, Kissoon NR, Lee DW, McCormick Z, Moon JY, Narouze S, Provenzano DA, Schneider BJ, van Eerd M, Van Zundert J, Wallace MS, Wilson SM, Zhao Z, Cohen SP. (2021).

Consensus practice guidelines on interventions for cervical spine (facet) joint pain from a multispecialty international working group. Pain Med. 22(11):2443–2524. doi: 10.1093/pm/pnab281.

Hurley RW, Adams MCB, Barad M, Bhaskar A, Bhatia A, Chadwick A, Deer TR, Hah J, Hooten WM, Kissoon NR, Lee DW, McCormick Z, Moon JY, Narouze S, Provenzano DA, Schneider BJ, van Eerd M, Van Zundert J, Wallace MS, Wilson SM, Zhao Z, Cohen SP. (2022). Consensus practice guidelines on interventions for cervical spine (facet) joint pain from a multispecialty international working group. Reg Anesth Pain Med. 47(1):3–59. doi: 10.1136/rapm-2021-103031.

Husted DS, Orton D, Schofferman J, Kine G. (2008). Effectiveness of repeated radiofrequency neurotomy for cervical facet joint pain. J Spinal Disord Tech. 21(6):406–408. doi: 10.1097/BSD.0b013e318158971f.

Jabri A, Butt MU, Haddadin F, Alhuneafat L, Al Abdouh A, Mhanna M, Kumar A, Nasser F, Elhamdani A, Jazar DA, Yousaf A, Hamade H, Nabeel Y, Almahameed S. (2022). Determining the Safety of Radiofrequency Ablation in Cardiovascular Implantable Electronic Devices. Curr Probl Cardiol. 47(10):101302. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2022.101302. Epub 2022 Jul 4. PMID: 35798278.

Jain A, Jain S, Agarwal A, Gambhir S, Shamshery C, Agarwal A. (2015). Evaluation of efficacy of bone scan with SPECT/CT in the management of low back pain: A study supported by differential diagnostic local anesthetic blocks. The Clinical Journal of Pain. 31(12):1054–1059. doi:10.1097/AJP.0000000000000212.

Jackson RP, Jacobs RR, Montesano PX. (1988). 1988 Volvo award in clinical sciences. Facet joint injection in low-back pain. A prospective statistical study. Spine (Phila Pa 1976). 13(9):966–971. doi:10.1097/00007632-198809000-00002.

Johnson CR, Barr RC, Klein SM. (2007). A computer model of electrical stimulation of peripheral nerves in regional anesthesia. Anesthesiology. 106(2):323–330. doi: 10.1097/00000542-200702000-00021.

Juch JNS, Maas ET, Ostelo RWJG, Groeneweg JG, Kallewaard JW, Koes BW, Verhagen AP, van Dongen JM, Huygen FJPM, van Tulder MW. (2017). Effect of Radiofrequency Denervation on Pain Intensity Among Patients With Chronic Low Back Pain: The Mint Randomized Clinical Trials. JAMA. 318(1):68–81. doi: 10.1001/jama.2017.7918.

Jull G, Bogduk N, Marsland A. (1988). The accuracy of manual diagnosis for cervical zygapophysial joint pain syndromes. Medical Journal of Australia. 148(5):233–236. doi:10.5694/j.1326-5377.1988.tb99431.x.

Kaplan M, Dreyfuss P, Halbrook B, Bogduk N. (1998). The ability of lumbar Medial Branch Blocks to anesthetize the zygapophysial joint. A physiologic challenge. Spine (Phila Pa 1976). 23(17):1847-1852. doi:10.1097/00007632-199809010-00008.

Karamnov S, Sarkisian N, Grammer R, Gross WL, Urman RD. (2017). Analysis of Adverse Events Associated With Adult Moderate Procedural Sedation Outside the Operating Room. J Patient Saf. 13(3):111–121. doi: 10.1097/PTS.0000000000000135.

Kennedy DJ, Engel A, Kreiner DS, Nampiaparampil D, Duszynski B, MacVicar J. (2015a). Fluoroscopically guided diagnostic and therapeutic Intra-articular sacroiliac joint injections: A systematic review. Pain Med. 16(8), 1500–1518. doi:10.1111/pme.12833.

Kennedy DJ, Schneider B, Smuck M, & Plastaras CT. (2015b). The use of moderate sedation for the secondary prevention of adverse vasovagal reactions. Pain Medicine (Malden, Mass.), 16(4), 673–9. doi:10.1111/pme.12632.

Kennedy DJ, Mattie R, Scott Hamilton A, Conrad B, Smuck M. (2016). Detection of intravascular injection during lumbar Medial Branch Blocks: A comparison of aspiration, live fluoroscopy, and digital subtraction technology. Pain Med. 17(6):1031–1036. doi:pnv073.

Kim N, Delport E, Cucuzzella T, Marley J, & Pruitt C. (2007). Is sedation indicated before spinal injections? Spine (Philadelphia, Pa. 1976), 32(25), E748–52. doi:10.1097/BRS.0b013e31815b7e9f.

Kim MH, Kim SW, Ju CI, Chae KH, Kim DM. (2014). Effectiveness of Repeated Radiofrequency Neurotomy for Facet joint Syndrome after Microscopic Discectomy. Korean J Spine. 11(4):232–234. doi: 10.14245/kjs.2014.11.4.232.

King W, Lau P, Lees R, Bogduk N. (2007). The validity of manual examination in assessing patients with neck pain. Spine J. 7(1):22-26. doi: 10.1016/j.spinee.2006.07.009.

King W, Ahmed SU, Baisden J, Patel N, Kennedy DJ, MacVicar J, Duszynski B. (2015). Diagnosis and treatment of posterior sacroiliac complex pain: A systematic review with comprehensive analysis of the published data. Pain Med. 16(2):257–265. doi:10.1111/pme.12630.

Klein SM, Melton MS, Grill WM, Nielsen KC. (2012). Peripheral nerve stimulation in regional anesthesia. Reg Anesth Pain Med. 37(4):383–392. doi: 10.1097/AAP.0b013e3182576647.

Klessinger S. (2013a). Medial Branch Blocks of the Cervical and Lumbar Spine. Invited Review. Techniques in Orthopaedics. 28(1):18–21.

Klessinger S. (2013b). Denervation of the Zygapophysial Joints of the Cervical and Lumbar Spine. Invited Review. Techniques in Orthopaedics. 28(1):23–34.

Klessinger S. (2016a). Facet joint pain: presentation and treatment. Is it a myth? In: Pinheiro-Franco JL, Vaccaro AR, Benzel EC, Mayer HM. (Hrsg.). Advanced concepts in lumbar degenerative disk disease. Heidelberg: Springer. ISBN-10: 3662477556, ISBN-13: 978-3662477557.

Klessinger S. (2016b). Safety and Efficacy of Lumbar Spine Radiofrequency Neurotomy in the Presence of Posterior Pedicle Screws. Progress in Orthopedic Science. 2(3):30–34. doi.org/10.47363/POS/2016(4)125.

Klessinger S, Freund W. (2017). Association Between Magnetic Resonance Imaging and the Result of Medial Branch Blocks. Pain Studies and Treatment. 5:1–10.

Klessinger S, Legat M, Schneider M. (2020). Interventionelle Schmerztherapie der Wirbelsäule. De Gruyter, Berlin/Boston. ISBN-10: 3110559080, ISBN-13: 978-3110559088.

Koh JC, Kim DH, Lee YW, Choi JB, Ha DH, An JW. (2017). Relationship between paravertebral muscle twitching and long-term effects of radiofrequency medial branch neurotomy. Korean J Pain. 30(4):296–303. doi: 10.3344/kjp.2017.30.4.296.

Koizuka S, Saito S, Kawauchi C, Takizawa D, Goto F. (2005). Percutaneous radiofrequency lumbar facet rhizotomy guided by computed tomography fluoroscopy. Journal of Anesthesia. 19(2):167–169. doi:10.1007/s00540-005-0303-7.

Kokar S, Mercan O, Akgun K. (2022). Ultrasound-guided lateral branch radiofrequency ablation for sacroiliac joint pain. Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. 68(3):430–434. doi:10.5606/tftrd.2022.8534.

Kornick C, Kramarich SS, Lamer TJ, Todd Sitzman B. (2004). Complications of lumbar facet radiofrequency denervation. Spine (Phila Pa 1976). 29(12):1352–1354. doi: 10.1097/01.brs.0000128263.67291.a0.

Kurklinsky S, Boone MK, Candler SA, Schwab A, Ghazi S. (2020). Repeat Cooled Radiofrequency Ablation Is Beneficial for Chronic Posterior Sacroiliac Joint Pain. Pain Med. 21(8):1532–1537. doi: 10.1093/pm/pnz295.

Kweon TD, Kim JY, Lee HY, Kim MH, Lee YW. (2014). Anatomical analysis of medial branches of dorsal rami of cervical nerves for radiofrequency thermocoagulation. Reg Anesth Pain Med. 39(6):465-471. doi: 10.1097/AAP.0000000000000175.

Lamer TJ, Smith J, Hoelzer BC, Mauck WD, Qu W, Gazelka HM. (2016). Safety of Lumbar Spine Radiofrequency Procedures in Patients Who Have Posterior Spinal Hardware. Pain Med. 17(9):1634–1637. doi: 10.1093/pm/pnv078.

Laslett M, Young SB, Aprill C, McDonald B. (2003). Diagnosing painful sacroiliac joints: A validity study of a McKenzie evaluation and sacroiliac provocation tests. Australian Journal of Physiotherapy. 49:89–97.

Laslett M, Oberg B, Aprill CN, McDonald B. (2004). Zygapophysial joint blocks in chronic low back pain: A test of revel's model as a screening test. BMC Musculoskeletal Disorders. 5(1):43. doi:10.1186/1471-2474-5-43.

Laslett M, Aprill CN, McDonald B, Young SB. (2005). Diagnosis of sacroiliac joint pain: Validity of individual provocation tests and composites of tests. Manual Therapy. 10(3):207–218. doi:10.1016/j.math.2005.01.003.

Laslett M, McDonald B, Aprill CN, Tropp H, Őberg B. (2006). Clinical predictors of screening lumbar zygapophyseal joint blocks: Development of clinical prediction rules. The Spine Journal. 6(4):370–379. doi:10.1016/j.spinee.2006.01.004.

Leclaire R, Fortin L, Lambert R, Bergeron YM, Rossignol M. (2001). Radiofrequency facet joint denervation in the treatment of low back pain: A placebo-controlled clinical trial to assess efficacy. Spine (Phila Pa 1976). 26(13):1411–1416; discussion 1417. doi: 10.1097/00007632-200107010-00003.

Le Clec'h Y, Peterson CK, Brunner F, Pfirrmann CWA. (2016). Cervical facet joint imaging-guided injections: A comparison of outcomes in patients referred based on imaging findings vs palpation for pain. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. 39(7):480–486. doi:10.1016/j.jmpt.2016.06.004.

Lee S, Kang CH, Lee S, Derby R, Yang SN, Lee JE, Kim JH, Kim SS, Lee J. (2008). Ultrasound-guided radiofrequency neurotomy in cervical spine: Sonoanatomic study of a new technique in cadavers. Clinical Radiology. 63(11):1205–1212. doi:10.1016/j.crad.2008.06.001.

Lee DW, Pritzlaff S, Jung MJ, Ghosh P, Hagedorn JM, Tate J, Scarfo K, Strand N, Chakravarthy K, Sayed D, Deer TR, Amirdelfan K. (2021). Latest evidence-based application for radiofrequency neurotomy (LEARN): Best practice guidelines from the american society of pain and neuroscience (ASPN). Journal of Pain Research. 14:2807–2831. doi:10.2147/JPR.S325665.

Lee H, Saffarian M, Babaria V, McCormick ZL. (2022). Factfinders for patient safety: Anticoagulant and antiplatelet agents and cervical medial branch procedures. Interventional Pain Medicine. 1(2):100090. doi:10.1016/j.inpm.2022.100090.

Lehman VT, Murphy RC, Kaufmann TJ, Diehn FE, Murthy NS, Wald JT, Thielen KR, Amrami KK, Morris JM, Maus TP. (2014). Frequency of discordance between facet joint activity on technetium Tc99m methylene diphosphonate SPECT/CT and selection for percutaneous treatment at a large multispecialty institution. AJNR American Journal of Neuroradiology. 35(3):609–614. doi:10.3174/ajnr.A3731.

Lewinnek GE, Warfield CA. (1986). Facet joint degeneration as a cause of low back pain. Clinical Orthopaedics and Related Research. 213:216–22.

Li J, Kong X, Gozani SN, Shi R, Borgens RB. (2011). Current-distance relationships for peripheral nerve stimulation localization. Anesth Analg. 112(1):236–241. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181fca16b.

Loh JT, Nicol AL, Elashoff D, Ferrante FM. (2015). Efficacy of needle-placement technique in radiofrequency ablation for treatment of lumbar facet arthropathy. J Pain Res. 8:687–694. doi: 10.2147/JPR.S84913.

Loh, E, Agur, AM, Burnham, R. S. (2022). Ultrasound-guided radiofrequency ablation for SI joint pain: An observational study. Interventional Pain Medicine. 1:100118. doi:10.1016/j.inpm.2022.100118.

Lord SM, Barnsley L, Wallis BJ, & Bogduk N. (1994). Third occipital nerve headache: A prevalence study. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry. 57(10):1187–1190. doi:10.1136/jnnp.57.10.1187.

Lord SM, Barnsley L, Bogduk N. (1995). The utility of comparative local anesthetic blocks versus placebo-controlled blocks for the diagnosis of cervical zygapophysial joint pain. Clin J Pain. 11(3):208–213. doi: 10.1097/00002508-199509000-00008.

Lord SM, Barnsley L, Wallis BJ, Bogduk N. (1996a). Chronic Cervical Zygapophysial Joint Pain After Whiplash. A Placebo-Controlled Prevalence Study. Spine (Phila Pa 1976). 21(15):1737–1744. doi:10.1097/00007632-199608010-00005.

Lord SM, Barnsley L, Wallis BJ, McDonald G, Bogduk N. (1996b). Percutaneous Radio-Frequency Neurotomy for Chronic Cervical Zygapophyseal-Joint Pain. N Engl J Med. 335(23):1721–1726. doi: 10.1056/NEJM199612053352302.

Lord SM, McDonald GJ, Bogduk N. (1998). Percutaneous radiofrequency neurotomy of the cervical medial branches: a validated treatment for cervical zygapophysial joint pain. Neurosurg Quart. 8:288–308.

Lord SM, Barnsley L, Bogduk N. (2015). Percutaneous radiofrequency neurotomy in the treatment of cervical zygapophysial joint pain: a caution. Neurosurgery. 36(4):732–739. doi: 10.1227/00006123-199504000-00014.

Lynch MC, Taylor JF. (1986). Facet joint injection for low back pain. A clinical study. J Bone Joint Surg Br. 68(1):138–141. doi: 10.1302/0301-620X.68B1.2934398.

Maccagnano G, Noia G, Cassano GD, Coviello M, Meluzio MC, Vicenti G, Tamburrelli FC, Perna A, Pesce V. (2022). Thermal radiofrequency versus cooled radiofrequency in patients with sacroiliac joint pain: a systematic review of the literature and pooled analysis of clinical outcomes. J Neurosurg Sci. 66(6):485–493. doi: 10.23736/S0390-5616.22.05525-4.

MacVicar J, Borowczyk JM, MacVicar AM, Loughnan BM, Bogduk N. (2013). Lumbar medial branch radiofrequency neurotomy in New Zealand. Pain Med. 14(5):639–645. doi: 10.1111/pme.12000.

Maigne JY, Aivaliklis A, Pfefer F. (1996). Results of sacroiliac joint double block and value of sacroiliac pain provocation tests in 54 patients with low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 21(16):1889–1892. doi:10.1097/00007632-199608150-00012.

Maigne JY, Boulahdour H, Chatellier G. (1998). Value of quantitative radionuclide bone scanning in the diagnosis of sacroiliac joint syndrome in 32 patients with low back pain. European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the

European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society. 7(4):328–331. doi:80070328.586.

Maino P, Presilla S, Colli Franzone PA, van Kuijk SMJ, Perez RSGM, Koetsier E. Radiation Dose Exposure for Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections and Facet Joint Blocks Under CT vs. Fluoroscopic Guidance. Pain Pract. 2018 Jul;18(6):798–804. doi: 10.1111/papr.12677. Epub 2018 Feb 5. PMID: 29282848.

Manchikanti L, Pampati V, Fellows B, Bakhit CE. (1999). Prevalence of lumbar facet joint pain in chronic low back pain. Pain Physician. 2(3):59–64.

Manchikanti L, Pampati V, Fellows B, Baha AG. (2000a). The inability of the clinical picture to characterize pain from facet joints. Pain Physician. 3(2):158–66.

Manchikanti L, Pampati V, Fellows B, Bakhit CE. (2000b). The diagnostic validity and therapeutic value of lumbar facet joint nerve blocks with or without adjuvant agents. Current Review of Pain. 4(5):337–344. doi:10.1007/s11916-000-0016-4.

Manchikanti L, Singh V, Rivera J, Pampati V. (2002). Prevalence of cervical facet joint pain in chronic neck pain. Pain Physician. 5(3):243–249. doi:10.36076/ppj.2002/5/243.

Manchikanti L, Boswell MV, Singh V, Pampati V, Damron KS, Beyer CD. (2004). Prevalence of facet joint pain in chronic spinal pain of cervical, thoracic, and lumbar regions. BMC Musculoskeletal Disorders. 5(1):15. doi:10.1186/1471-2474-5-15.

Manchikanti L, Pampati S, Cash KA. (2010). Making sense of the accuracy of diagnostic lumbar facet joint nerve blocks: an assessment of the implications of 50% relief, 80% relief, single block, or controlled diagnostic blocks. Pain Physician. 13(2):133–143.

Manchikanti L, Kaye AD, Soin A, Albers SL, Beall D, Latchaw RE, Sanapati MR, Shah S, Atluri S, Abd-Elsayed A, Abdi S, Aydin S, Bakshi S, Boswell M, Buenaventura R, Cabaret J, Calodney AK, Candido KD, Christo PJ, Cintron L, Diwan S, Gharibo C, Grider J, Gupta M, Haney B, Harned ME, Helm II S, Jameson J, Jha S, Kaye AM, Knezevic NN, Kosanovic R, Manchikanti, Navani A, Racz G, Pampati V, Pasupuleti R, Philip C, Rajput K, Sehgal N, Sudarshan G, Vanaparthy R, Wargo BW, Hirsch JA. (2020). Comprehensive evidence-based guidelines for facet joint interventions in the management of chronic spinal pain: American society of interventional pain physicians (ASIPP) guidelines. Pain Physician. 23(3S):S1–S127. doi:10.36076/ppj.2020/23/S1.

Manchukonda R, Manchikanti KN, Cash KA, Pampati V, Manchikanti L. (2007). Facet joint pain in chronic spinal pain: An evaluation of prevalence and false-positive rate of diagnostic blocks. J Spinal Disord Tech. 20(7):539-545. doi: 10.1097/BSD.0b013e3180577812.

Marks R. (1989). Distribution of pain provoked from lumbar facet joints and related structures during diagnostic spinal infiltration. Pain. 39(1):37–40. doi:10.1016/0304-3959(89)90173-5.

Matar HE, Navalkissoor S, Berovic M, Shetty R, Garlick N, Casey ATH, Quigley A. (2013). Is hybrid imaging (SPECT/CT) a useful adjunct in the management of suspected facet joints

arthropathy? International Orthopaedics, 37(5):865–870. doi:10.1007/s00264-013-1811-y.

Marks RC, Houston T, Thulbourne T. (1992). Facet joint injection and facet nerve block: A randomised comparison in 86 patients with chronic low back pain. Pain. 49(3):325–328. doi: 10.1016/0304-3959(92)90239-8.

McCormick ZL, Walega DR. (2018). Third-Degree Skin Burn from Conventional Radiofrequency Ablation of the Inferiomedial Genicular Nerve. Pain Med. 19(5):1095–1097. doi: 10.1093/pm/pnx204.

McCormick ZL, Chung B, Smith C. (2018). Spine Intervention Society's Patient Safety Committee. Internal Skin Burn Due to Novel Radiofrequency Ablation Technology. Pain Med. 19(7):1497–1498. doi: 10.1093/pm/pny017.

McCormick ZL, Choi H, Reddy R, Syed RH, Bhave M, Kendall MC, Khan D, Nagpal G, Teramoto M, Walega DR. (2019a). Randomized prospective trial of cooled versus traditional radiofrequency ablation of the medial branch nerves for the treatment of lumbar facet joint pain. Reg Anesth Pain Med. 44(3):389–397. doi: 10.1136/rapm-2018-000035.

McCormick ZL, Smith CC, Engel AJ. (2019b). Spine Intervention Society's Patient Safety Committee. Preventing External Skin Burns During Thermal Radiofrequency Neurotomy. Pain Med. 20(4):852–853. doi: 10.1093/pm/pny274.

McCormick ZL, Patel J, Smith C. (2020). Inadvertent Internal Skin Burn Caused by Radiofrequency Electrodes During Ablation Procedures. Pain Med. 21(4):862–863. doi: 10.1093/pm/pnz375.

Mehta V, Poply K, Husband M, Anwar S, Langford R. (2018). The effects of radiofrequency neurotomy using a strip-lesioning device on patients with sacroiliac joint pain: Results from a single-center, randomized, sham-controlled trial. Pain Physician. 21(6):607–618.

Mekhail N, Saweris Y, Sue Mehanny D, Makarova N, Guirguis M, Costandi S. (2021). Diagnosis of sacroiliac joint pain: Predictive value of three diagnostic clinical tests. Pain Practice. 21(2):204–214. doi:10.1111/papr.12950.

Moon JY, Lee PB, Kim YC, Choi SP, Sim WS. (2013). An alternative distal approach for the lumbar medial branch radiofrequency denervation: a prospective randomized comparative study. Anesth Analg. 116(5):1133–1140. doi: 10.1213/ANE.0b013e31828b35fe.

Morishita K, Kasai Y, Uchida A. (2008). Hypertrophic change of facet joint in the cervical spine. Med Sci Monit. 14(2):CR62–64.

Narouze S, Benzon HT, Provenzano D, Buvanendran A, De Andres J, Deer T, Rauck R, Huntoon MA. (2018). Interventional Spine and Pain Procedures in Patients on Antiplatelet and Anticoagulant Medications (Second Edition): Guidelines From the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy, the American Academy of Pain Medicine, the International

Neuromodulation Society, the North American Neuromodulation Society, and the World Institute of Pain. Reg Anesth Pain Med. 43(3):225–262. doi: 10.1097/AAP.0000000000000700.

Nash T. (1990). Facet joints: Intra-articular steroids or nerve block? Pain Clinic. 3:77–82.

NASS. Evidence-based clinical guidelines for multidisciplinary spine care: Diagnosis & treatment of low back pain. 2020 North American Spine Society.

Nath S, Nath CA, Pettersson K. (2008). Percutaneous lumbar zygapophysial (facet) joint neurotomy using radiofrequency current, in the management of chronic low back pain: A randomized double-blind trial. Spine (Phila Pa 1976). 33(12):1291–1297. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817329f0.

National Institute for Health and Care Excellence. (2016). Low back pain and sciatica in over 16s: assessment and management. Invasive treatments. NICE guideline NG59. November.

Nguyen T, Chan K, Chryssidis S, Selby M. (2017). CT guided radiofrequency ablation of the cervical medial branch using a lateral approach in the supine patient. Journal of Spine Surgery (Hong Kong). 3(3):463–467. doi:10.21037/jss.2017.06.18.

Nolan 3rd JE, Sundet AD, Kagan BD, Lake TJ, Krag MH, Lunardini DL. (2022). The positive prediction of single photon emission computed tomography/ computed tomography (SPECT/CT) in the outcome of intervention for cervical facet pain. Spine J. 22(10):1622–1627. doi:10.1016/j.spinee.2022.04.021.

Ogsbury JS 3rd, Simon RH, Lehman RAW. (1977). Facet "denervation" in the treatment of low back syndrome. Pain. 3(3):257–263. doi: 10.1016/0304-3959(77)90006-9.

Oswald KAC, Ekengele V, Hoppe S, Streitberger K, Harnik M, Albers CE. (2023). Radiofrequency Neurotomy Does Not Cause Fatty Degeneration of the Lumbar Paraspinal Musculature in Patients with Chronic Lumbar Pain – A Retrospective 3D-Computer-Assisted MRI Analysis Using iSix Software. Pain Med. 24(1):25-31. doi: 10.1093/pm/pnac103.

Patel N, Gross A, Brown L, Gekht G. (2012). A randomized, placebo-controlled study to assess the efficacy of lateral branch neurotomy for chronic sacroiliac joint pain. Pain Med. 13(3):383–398. doi: 10.1111/j.1526-4637.2012.01328.x.

Petersen T, Laslett M, Juhl C. (2017). Clinical classification in low back pain: Best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews. BMC Musculoskelet Disord. 18(1):188. doi:10.1186/s12891-017-1549-6.

Pfeiffer D, Tebbenjohanns J, Schumacher B, Jung W, Lüderitz B. (1995). Pacemaker function during radiofrequency ablation. Pacing Clin Electrophysiol. 18(5 Pt 1):1037–1044. doi: 10.1111/j.1540-8159.1995.tb04746.x.

Pneumaticos SG, Chatziioannou SN, Hipp JA, Moore WH, Esses SI. (2006). Low back pain: Prediction of short-term outcome of facet joint injection with bone scintigraphy. Radiology. 238(2):693–698. doi:10.1148/radiol.2382041930.

Pollak KA, Stephens LS, Posner KL, Rathmell JP, Fitzgibbon DR, Dutton RP, Michna E, Domino KB. (2015). Trends in Pain Medicine Liability. Anesthesiology. 123(5):1133–1141. doi: 10.1097/ALN.0000000000000855.

Rambaransingh B, Stanford G, Burnham R. (2010). The effect of repeated zygapophysial joint radiofrequency neurotomy on pain, disability, and improvement duration. Pain Med. 11(9):1343–1347. doi: 10.1111/j.1526-4637.2010.00923.x.

Rashbaum RF, Ohnmeiss DD, Lindley EM, Kitchel SH, Patel VV. (2016). Sacroiliac Joint Pain and Its Treatment. Clin Spine Surg. 29(2):42–48. doi: 10.1097/BSD.0000000000000359.

Rathmell JP, Michna E, Fitzgibbon DR, Stephens LS, Posner KL, Domino KB. (2011). Injury and liability associated with cervical procedures for chronic pain. Anesthesiology. 114(4):918–926. doi:10.1097/ALN.0b013e31820fc7f2.

Revel ME, Listrat VM, Chevalier XJ, Dougados M, N'guyen MP, Vallee C, Wybier M, Gires F, Amor B. (1992). Facet joint block for low back pain: Identifying predictors of a good response. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 73(9):824–828. doi:0003-9993(92)90153-N.

Revel M, Poiraudeau S, Auleley GR, Payan C, Denke A, Nguyen M, Chevrot A, Fermanian J. (1998). Capacity of the clinical picture to characterize low back pain relieved by facet joint anesthesia. proposed criteria to identify patients with painful facet joints. Spine (Phila Pa 1976). 23(18):1972–1976. doi:10.1097/00007632-199809150-00011.

Roark C, Whicher S, Abosch A. (2008). Reversible neurological symptoms caused by diathermy in a patient with deep brain stimulators: case report. Neurosurgery. 62(1):E256. doi: 10.1227/01.NEU.0000311085.73519.B4.

Roberts S, Burnham R, Ravichandiran K, Agur A, Loh E. (2014). Cadaveric study of sacroiliac joint innervation: Implications for diagnostic blocks and radiofrequency ablation. Regional Anesthesia and Pain Medicine. 39(6):456–64. doi:10.1097/AAP.0000000000000156.

Roberts SL, Stout A, Loh EY, Swain N, Dreyfuss P, Agur AM. (2018). Anatomical Comparison of Radiofrequency Ablation Techniques for Sacroiliac Joint Pain. Pain Med. 19(10):1924–1943. doi: 10.1093/pm/pnx329.

Rocha ID, Cristante AF, Marcon RM, Oliveira RP, Letaif OB, Barros Filho TE. (2014). Controlled medial branch anesthetic block in the diagnosis of chronic lumbar facet joint pain: The value of a three-month follow-up. Clinics (Sao Paulo). 69(8):529–534. doi:10.6061/clinics/2014(08)05.

Rudy IS, Poulos A, Owen L, Batters A, Kieliszek K, Willox J, Jenkins H. (2015). The correlation of radiographic findings and patient symptomatology in cervical degenerative joint

disease: A cross-sectional study. Chiropr Man Therap. 23:9. doi: 10.1186/s12998-015-0052-0.

Sadoul N, Blankoff I, de Chillou C, Beurrier D, Messier M, Bizeau O, Magnin I, Dodinot B, Aliot E. (1997). Effects of radiofrequency catheter ablation on patients with permanent pacemakers. J Interv Card Electrophysiol. 1(3):227–233. doi: 10.1023/a:1009721023732.

Saffarian M, Haewon L, McCormick ZL. (2021). Anticoagulants and Antiplatelet Agents for Cervical Medial Branch Radiofrequency Neurotomy. SIS Factfinders. https://cdn.ymaws.com/www.spineintervention.org/resource/resmgr/fact-finder/21/07.ff.anticoags&cmbrfn.pdf (Zugriff am 23.08.2022).

Saffarian, M, Christolias, G., Babaria, V., Patel, J., Nguyen, M. C., Smith, C. C., Miller, D. C., & Mccormick, Z. L. (2023). FactFinders for patient safety: Motor stimulation testing in lumbar radiofrequency neurotomy and radiofrequency neurotomy in patients with posterior hardware Elsevier BV. doi:10.1016/j.inpm.2022.100170.

Saueressig T, Owen PJ, Diemer F, Zebisch J, Belavy DL. (2021). Diagnostic accuracy of clusters of pain provocation tests for detecting sacroiliac joint pain: Systematic review with meta-analysis. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 51(9):422–431. doi:10.2519/jospt.2021.10469.

Sawicki LM, Schaarschmidt BM, Heusch P, Buchbender C, Rosenbaum-Krumme S, Umutlu L, Eicker SO, Bockisch A, Antoch G, Floeth FW. (2016). Value of 18 F-FDG PET/MRI for the outcome of CT-guided facet block therapy in cervical facet syndrome: Initial results. J Med Imaging Radiat Oncol. 61(3):327–333. doi: 10.1111/1754-9485.12565.

Schaufele MK, MD, Marín DR, MD, Tate, Jordan L., MD, MPH, & Simmons, Adam C., MPH, CCRC. (2011). Adverse events of conscious sedation in ambulatory spine procedures. The Spine Journal, 11(12), 1093–100. doi:10.1016/j.spinee.2011.07.028.

Schneider GM, Jull G, Thomas K, Smith A, Emery C, Faris P, Cook C, Frizzell B, Salo P. (2014). Derivation of a clinical decision guide in the diagnosis of cervical facet joint pain. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 95(9):1695–1701. doi:10.1016/j.apmr.2014.02.026.

Schneider BJ, Rosati R, Zheng P, McCormick ZL. (2019). Challenges in diagnosing sacroiliac joint pain: A narrative review. PM R. 11 Suppl 1:S40-S45. doi: 10.1002/pmrj.12175.

Schneider BJ, Doan L, Maes MK, Martinez KR, Gonzalez Cota A, Bogduk N; Standards Division of the Spine Intervention Society. (2020a). Systematic Review of the Effectiveness of Lumbar Medial Branch Thermal Radiofrequency Neurotomy, Stratified for Diagnostic Methods and Procedural Technique. Pain Med. 21(6):1122–1141. doi: 10.1093/pm/pnz349.

Schneider BJ, Ehsanian R, Rosati R, Huynh L, Levin J, Kennedy DJ. (2020b). Validity of Physical Exam Maneuvers in the Diagnosis of Sacroiliac Joint Pathology. Pain Med. 21(2):255–260. doi: 10.1093/pm/pnz183.

Schneider BJ, Joshi M, Ehsanian R, McCormick ZL, Patel J, Zheng P, Nagpal AS. (2022). Patient-perceived duration of effect of lidocaine and bupivacaine following diagnostic Medial Branch Blocks; a multicenter study. Interventional Pain Medicine. 1(2):100083. doi:10.1016/j.inpm.2022.100083.

Schofferman J, Kine G. (2004). Effectiveness of repeated radiofrequency neurotomy for lumbar facet pain. Spine (Phila Pa 1976). 29(21):2471–2473. doi: 10.1097/01.brs.0000143170.47345.44.

Schuster NM, Clements ND, Suri P, Stojanovic MP. (2021). Is This Spine Pain Facetogenic? Addressing Diagnostic Myths. Pain Med. 22(Suppl 1):S31–S35. doi: 10.1093/pm/pnab097.

Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. (1994a). The false-positive rate of uncontrolled diagnostic blocks of the lumbar zygapophysial joints. Pain. 58(2):195–200. doi: 10.1016/0304-3959(94)90199-6. PMID: 7816487.

Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. (1994b). Clinical features of patients with pain stemming from the lumbar zygapophysial joints. is the lumbar facet syndrome a clinical entity? Spine (Phila Pa 1976). 19(10):1132–1137. doi:10.1097/00007632-199405001-00006.

Schwarzer AC, Aprill CN, Bogduk N. (1995a). The sacroiliac joint in chronic low back pain. Spine (Phila pa 1976). 20(1):31–37. doi:10.1097/00007632-199501000-00007.

Schwarzer AC, Wang SC, Bogduk N, McNaught PJ, Laurent R. (1995b). Prevalence and clinical features of lumbar zygapophysial joint pain: A study in an australian population with chronic low back pain. Annals of the Rheumatic Diseases. 54(2):100–106. doi:10.1136/ard.54.2.100.

Schwarzer AC, Wang SC, O'Driscoll D, Harrington T, Bogduk N, Laurent R. (1995c). The ability of computed tomography to identify a painful zygapophysial joint in patients with chronic low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 20(8):907–12. doi: 10.1097/00007632-199504150-00005.

Sehgal N, Shah RV, McKenzie-Brown AM, Everett CR. (2005). Diagnostic utility of facet (zygapophysial) joint injections in chronic spinal pain: A systematic review of evidence. Pain Physician. 8(2):211–224. doi:10.36076/ppj.2005/8/211.

Sehgal N, Dunbar EE, Shah RV, Colson J. (2007). Systematic review of diagnostic utility of facet (zygapophysial) joint injections in chronic spinal pain: An update. Pain Physician, 10(1):213–28.

Sherwood D, Berlin E, Gill B, Epps A, Gardner J, Schneider B. (2022). Lumbar Medial Branch Block progression to radiofrequency neurotomy: A retrospective audit of clinical practice. Interventional Pain Medicine. 1(1):100009. doi:10.1016/j.inpm.2021.100009.

Shih CL, Shen PC, Lu CC, Liu ZM, Tien YC, Huang PJ, Chou SH. (2020). A comparison of efficacy among different radiofrequency ablation techniques for the treatment of lumbar facet joint and sacroiliac joint pain: A systematic review and meta-analysis. Clin Neurol Neurosurg. 195:105854. doi: 10.1016/j.clineuro.2020.105854.

Siegenthaler A, Eichenberger U, Curatolo M. (2011). A shortened radiofrequency denervation method for cervical zygapophysial joint pain based on ultrasound localization of the nerves. Pain Med. 12(12):1703–1709. doi:10.1111/j.1526–4637.2011.01275.x.

Slipman CW, Sterenfeld EB, Chou LH, Herzog R, Vresilovic E. (1996). The value of radionuclide imaging in the diagnosis of sacroiliac joint syndrome. Spine (Phila Pa 1976). 21(19):2251–2254. doi:10.1097/00007632-199610010-00013.

Slipman CW, Sterenfeld EB, Chou LH, Herzog R, Vresilovic E. (1998). The predictive value of provocative sacroiliac joint stress maneuvers in the diagnosis of sacroiliac joint syndrome. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 79(3):288–292. doi:S0003-9993(98)90008-9.

Smith M, Ferretti G, Mortazavi S. (2005). Radiographic changes induced after cervical facet radiofrequency denervation. Spine J. 5(6):668–671. doi: 10.1016/j.spinee.2005.04.006.

Smith AD, Jull G, Schneider G, Frizzell B, Hooper RA, Sterling M. (2013). A comparison of physical and psychological features of responders and non-responders to cervical facet blocks in chronic whiplash. BMC Musculoskelet Disord. 14:313. doi: 10.1186/1471-2474-14-313.

Smith CC, Schneider B, McCormick ZL, Gill J, Loomba V, Engel AJ, Duszynski B, King W, Standards Division of the Spine Intervention Society. (2018). Risks and benefits of ceasing or continuing anticoagulant medication for image-guided procedures for spine pain: A systematic review. Pain Med. 19(3):438–448. doi:10.1093/pm/pnx152.

Smith C, DeFrancesch F, Patel J. (2019). Spine Intervention Society's Patient Safety Committee. Radiofrequency Neurotomy for Facet Joint Pain in Patients with Permanent Pacemakers and Defibrillators. Pain Med. 20(2):411–412. doi: 10.1093/pm/pny213.

Smith C, Miller DC, Saffarian M, McCormick ZL, on behalf of the Spine Intervention Society's Patient Safety Committee. (2022). Factfinders for patient safety: Antithrombotics and interventional pain procedures - lumbar transforaminal epidural steroid injections and lumbar medial branch radiofrequency neurotomy, Interventional Pain Medicine. 1(1):100008. https://doi.org/10.1016/ j.inpm.2021.100008.

Smuck M, Crisostomo RA, Trivedi K, Agrawal D. (2012). Success of initial and repeated medial branch neurotomy for zygapophysial joint pain: a systematic review. PM R. 4(9):686–692. doi: 10.1016/j.pmrj.2012.06.007.

Smuck M, Crisostomo RA, Demirjian R, Fitch DS, Kennedy DJ, Geisser ME. (2015). Morphologic changes in the lumbar spine after lumbar medial branch radiofrequency neurotomy: a

quantitative radiological study. Spine J. 15(6):1415–1421. doi: 10.1016/j.spinee.2013.06.096.

Sneddon LU. (2018). Comparative physiology of nociception and pain. Physiology (Bethesda, Md.). 33(1):63–73. doi:10.1152/physiol.00022.2017.

Son JH, Kim SD, Kim SH, Lim DJ, Park JY. (2010). The efficacy of repeated radiofrequency medial branch neurotomy for lumbar facet syndrome. J Korean Neurosurg Soc. 48(3):240–243. doi: 10.3340/jkns.2010.48.3.240.

Speldewinde GC. (2020). Successful Thermal Neurotomy of the Painful Sacroiliac Ligament/Joint Complex - A Comparison of Two Techniques. Pain Med. 21(3):561–569. doi: 10.1093/pm/pnz282.

Starr JB, Gold LS, McCormick Z, Suri P, Friedly J. (2020). Repeat procedures and prescription opioid use after lumbar medial branch nerve radiofrequency ablation in commercially insured patients. Spine J. 20(3):344–351. doi: 10.1016/j.spinee.2019.10.005.

Steinke H, Saito T, Kuehner J, Reibetanz U, Heyde C, Itoh M, Voelker A. (2022). Sacroiliac innervation. European Spine Journal. 31(11):2831–2843. doi:10.1007/s00586-022-07353-1.

Stelzer W, Stelzer D, Stelzer E, Sammer A, Aichner E, Braune M, Schneider BJ, Duller C, Feigl G. (2019). Success rate of intra-articular sacroiliac joint injection: Fluoroscopy vs ultrasound Guidance—A cadaveric study. Pain Med. 20(10):1890–1897. doi:10.1093/pm/pnz059.

Stojanovic M, Sethee J, Mohiuddin M, Cheng J, Barker A, Wang J, Palmer W, Huang A, Cohen S. (2010). MRI analysis of the lumbar spine: Can it predict response to diagnostic and therapeutic facet procedures? The Clinical Journal of Pain. 26(2):110–115. doi:10.1097/AJP.0b013e3181b8cd4d.

Stoker GE, Buchowski JM, Kelly MP. (2013). Dropped head syndrome after multilevel cervical radiofrequency ablation: a case report. J Spinal Disord Tech. 26(8):444–448. doi: 10.1097/BSD.0b013e31825c36c0.

Stout A, Dreyfuss P, Swain N, Roberts S, Loh E, Agur A. (2018). Proposed optimal fluoroscopic targets for cooled radiofrequency neurotomy of the sacral lateral branches to improve clinical outcomes: An anatomical study. Pain Med. 19(10):1916–1923. doi:10.1093/pm/pnx287.

Stovner LJ, Kolstad F, Helde G. (2004). Radiofrequency denervation of facet joints C2-C6 in cervicogenic headache: A randomized, double-blind, sham-controlled study. Cephalalgia. 24(10):821–830. doi: CHA773.

Tekin I, Mirzai H, Ok G, Erbuyun K, Vatansever D. (2007). A comparison of conventional and pulsed radiofrequency denervation in the treatment of chronic facet joint pain. Clin J Pain. 23(6):524–529. doi: 00002508-200707000-00009.

Tinnirello A, Barbieri S, Todeschini M, Marchesini M. (2017). Conventional (Simplicity III) and Cooled (SInergy) Radiofrequency for Sacroiliac Joint Denervation: One-Year Retrospective Study Comparing Two Devices. Pain Med. 18(9):1731–1744. doi: 10.1093/pm/pnw333.

Tong NY, Ru HJ, Ling HY, Cheung YC, Meng LW, Chung PC. (2004). Extracardiac radiofrequency ablation interferes with pacemaker function but does not damage the device. Anesthesiology. 100(4):1041. doi: 10.1097/00000542-200404000-00053.

Tran J, Peng P, Loh E. (2022). Anatomical study of the medial branches of the lumbar dorsal rami: implications for image-guided intervention. Reg Anesth Pain Med. rapm-2022-103653. doi: 10.1136/rapm-2022-103653.

van der Wurff P, Buijs EJ, Groen GJ. (2006). A multitest regimen of pain provocation tests as an aid to reduce unnecessary minimally invasive sacroiliac joint procedures. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 87(1):10–14. doi:10.1016/j.apmr.2005.09.023.

van Eerd M, Lataster A, Sommer M, Patijn J, van Kleef M. (2017). A Modified Posterolateral Approach for Radiofrequency Denervation of the Medial Branch of the Cervical Segmental Nerve in Cervical Facet Joint Pain Based on Anatomical Considerations. Pain Pract. 17(5):596–603. doi: 10.1111/papr.12499.

van Eerd M, de Meij N, Kessels A, Patijn J, Weber W, Wintraecken V, van Kleef M, van Kuijk SMJ. (2021). Efficacy and long-term effect of radiofrequency denervation in patients with clinically diagnosed cervical facet joint pain: A double-blind randomized controlled trial. Spine (Phila Pa 1976). 46(5):285–93. doi:10.1097/BRS.0000000000003799.

van Helmond N, Day W, Chapman KB. (2017). Continuing Anti-thrombotic Medication During Low-to-Intermediate Risk Spinal Procedures: A Retrospective Evaluation. Pain Physician. 20(5):437–443.

van Kleef M, Barendse GA, Kessels A, Voets HM, Weber WE, de Lange S. (1999). Randomized trial of radiofrequency lumbar facet denervation for chronic low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 24(18):1937–1942. doi: 10.1097/00007632-199909150-00013.

van Tilburg CW, Stronks DL, Groeneweg JG, Huygen FJ. (2016a). Randomised sham-controlled double-blind multicentre clinical trial to ascertain the effect of percutaneous radiofrequency treatment for lumbar facet joint pain. Bone Joint J. 98-B(11):1526–1533. doi: 98-B/11/1526.

van Tilburg CW, Schuurmans FA, Stronks DL, Groeneweg JG, Huygen FJ. (2016b). Randomized sham-controlled double-blind multicenter clinical trial to ascertain the effect of percutaneous radiofrequency treatment for sacroiliac joint pain: Three-month results. The Clinical Journal of Pain. 32(11):921–926. doi:10.1097/AJP.0000000000000351.

van Wijk RM, Geurts JW, Wynne HJ, Hammink E, Buskens E, Lousberg R, Knape JT, Groen GJ. (2005). Radiofrequency denervation of lumbar facet joints in the treatment of chronic low back pain: A randomized, double-blind, sham lesion-controlled trial. Clin J Pain. 21(4):335–344. doi: 00002508-200507000-00009.

van Zundert J, Vanelderen P, Kessels A, van Kleef M. (2012). Radiofrequency treatment of facet-related pain: Evidence and controversies. Curr Pain Headache Rep. 16(1):19–25. doi: 10.1007/s11916-011-0237-8.

Varkas G, de Hooge M, Renson T, De Mits S, Carron P, Jacques P, Moris M, Souverijns G, Jans L, Elewaut D, Van den Bosch F. (2018). Effect of mechanical stress on magnetic resonance imaging of the sacroiliac joints: Assessment of military recruits by magnetic resonance imaging study. Rheumatology (Oxford, England). 57(3):508–513. doi:10.1093/rheumatology/kex491.

Vasseljen O, Woodhouse A, Bjørngaard JH, Leivseth L. (2013). Natural course of acute neck and low back pain in the general population: The HUNT study. Pain. 154(8):1237–1244.

Vorobeychik Y, Shah B, Gordin V, Giampetro D, Khunsriraksakul C, Vu T. (2022). Assessment of technical adequacy of sacral lateral branches cooled radiofrequency neurotomy. Interventional Pain Medicine. 1(1):100069. doi:10.1016/j.inpm.2022.100069.

Wahezi SE, Alexeev E, Georgy JS, Haramati N, Erosa SA, Shah JM, Downie S. (2018). Lumbar Medial Branch Block Volume-Dependent dispersion patterns as a predictor for ablation success: A cadaveric study. PM R. 10(6):616–622. doi: 10.1016/j.pmrj.2017.11.011.

Wahezi SE, Molina JJ, Alexeev E, Georgy JS, Haramati N, Erosa SA, Shah JM, Downie S. (2019). Cervical Medial Branch Block volume dependent dispersion patterns as a predictor for ablation success: A cadaveric study. PM R. 11(6):631–639. doi: 10.1016/j.pmrj.2018.10.003.

Walega D, Roussis C. (2014). Third-degree burn from cooled radiofrequency ablation of medial branch nerves for treatment of thoracic facet syndrome. Pain Pract. 14(6):e154–e158. doi: 10.1111/papr.12222.

Wallis BJ, Lord SM, Bogduk N. (1997). Resolution of psychological distress of whiplash patients following treatment by radiofrequency neurotomy: A randomised, double-blind, placebo-controlled trial. Pain. 73(1):15–22. doi: S0304395997000602.

Waring PH, Schneider BJ, McCormick ZL. (2021). Comparative Versus Non-Comparative Dual Lumbar Medial Branch Blocks before Radiofrequency Neurotomy: Is There a Difference in Prognostic Value? Pain Med. 22(8):1883–1884. doi: 10.1093/pm/pnab023.

Weber U, Lambert RGW, Østergaard M, Hodler J, Pedersen SJ, Maksymowych WP. (2010). The diagnostic utility of magnetic resonance imaging in spondylarthritis: An international multicenter evaluation of one hundred eighty-seven subjects. Arthritis and Rheumatism. 62(10):3048–58. doi:10.1002/art.27571.

Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, Arand M, Wiesend A. (1995). Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical in vitro study. Spine (Phila Pa 1976). 20(2):192–198. doi: 10.1097/00007632-199501150-00011.

Young S, Aprill C, Laslett M. (2003). Correlation of clinical examination characteristics with three sources of chronic low back pain. Spine J. 3(6):460–465. doi: 10.1016/s1529-9430(03)00151-7.

Young AC, Deng H, Opalacz A, Roth S, Filatava EJ, Fisher CA, de Sousa K, Mogren G, Chen L. (2022). A Retrospective Analysis of Sacroiliac Joint Pain Interventions: Intraarticular Steroid Injection and Lateral Branch Radiofrequency Neurotomy. Pain Physician. 25(2):E341–E347.

Versionsnummer: **1.0**

Erstveröffentlichung: **07/2023**

Nächste Überprüfung geplant: **07/2028**

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online